Hbl. I, 1

Techn.
9
1a
3.

Otto Luegers
Lexikon der gesamten Technik

und ihrer Hilfswissenschaften

Dritter Band

Calciumoxyd bis Essigmutter

Holzfreies Papier

Otto Luegers

Lexikon der gesamten Technik

und ihrer Hilfswissenschaften

Im Verein mit Fachgenossen herausgegeben

Mit zahlreichen Abbildungen

Dritter Band

Calciumoxyd bis Essigmutter

Deutsche Verlags-Anstalt
Stuttgart, Leipzig, Berlin, Wien

Alle Rechte, besonders die der Uebersetzung, vorbehalten.

KÖNIGL. BAYER. BIBLIOTHEK BAMBERG

Druck und Papier der Deutschen Verlags-Anstalt in Stuttgart.

Verzeichnis der Mitarbeiter

für das

Lexikon der gesamten Technik

herausgegeben im Verein mit Fachgenossen

von

Dr. phil. Otto Lueger

Professor und Civil-Ingenieur in Stuttgart

Abegg, Dr. Rich., Privatdoz. der Universität Göttingen
Andés, Louis Edgar, Fabrikbesitzer in Wien
Arndt, C., Ingenieur in Braunschweig
Beckert, Th., Hüttenschuldirektor, Duisburg a. Rh.
Birk, A., diplom. Ingen. d. österr. Südbahn, Mödling
Blecken, C., Direktor der Deutschen Wasserwerks-Gesellschaft in Höchst a. M.
Bopp, C., Prof. in Stuttgart
Borchers, Dr. W. in Duisburg a. Rh.
Bork, F. W., Kgl. Eisenbahndirektor, Berlin
Bosshard, Otto, Prof. am Technikum in Winterthur
Bräuler, Dr., Prof. der K. techn. Hochschule in Aachen
Brix, J., Stadtbaurat in Altona
Bryk, Dr. med. S. in Wien
Burmester, Dr. L., Prof. d. K. techn. Hochsch. in München
Cario, C., Direktor, Magdeburg
Deite, Dr. C., Fabrikbesitzer in Berlin
Dinglinger, Richard P., Ingenieur in Schmalkalden
Dolezalek, C., Geh. Reg.-Rat, Prof. der K. technischen Hochschule in Hannover
Drach, A., Oberbaurat, Dozent der Grossh. techn. Hochschule in Karlsruhe
Dümmler, K., Architekt, Berlin
Fein, Emil, Ingenieur in Stuttgart
Fickentscher, Ingenieur in Berlin
Fischer, Hugo, Prof. der K. techn. Hochsch. in Dresden
Frank, A., Prof. der K. techn. Hochschule in Hannover
Freygang, Paul, Ingenieur in Dresden
Friedländer, Prof. Dr. P., Wien
Frühling, A., Stadtbaurat u. Prof. d. K. techn. Hochschule in Dresden
Fünfstück, Dr. M., Prof. d. K. techn. Hochsch. in Stuttgart
Goebel, Theodor in Stuttgart
Goering, A., Prof. der K. techn. Hochsch. Berlin
Grosmann, Fr., Landesfeuerlösch-Inspektor a. D., Höfen
Grossmann, Dr. L., Assist. a. d. D. Seewarte Hamburg
Gruenhaldt, Otto, St. Julien
Günther, Dr. S., Prof. der K. techn. Hochsch. in München
Gutermuth, M. F., Prof. der K. techn. Hochsch. in Aachen
Guzmann, Hans, Ingenieur, Prof. d. K. K. Staatsgewerbeschule in Bielitz
Hacker, Baurat, Doz. der K. techn. Hochsch. Berlin
Häussermann, Dr. C., Prof. d. K. techn. Hochsch., Stuttgart
Hagen, Dr. von in Iserlohn
Hammer, Prof. der K. techn. Hochschule in Stuttgart
Hanausek, K. K. Prof. Dr. T. F. in Wien
Hartmann, Prof. K., Kaiserlicher Reg.-Rat, Dozent der K. techn. Hochsch. in Berlin-Charlottenburg
Haselhoff, Dr. E. in Münster i. W.
Hauenschild, Hans, Prof. a. D. in Berlin
Heim, Prof. Dr., Dozent d. K. techn. Hochsch. in Hannover
Hellmann, J., Brünn
† *Henk*, L. v., Vice-Admiral z. D. in Charlottenburg
Herrmann, Geh. Reg.-Rat, Prof. der K. techn. Hochschule in Aachen
Herzfeld, Dr. H. in Berlin
Hoch, J., Ingen., Dir. der D. Schlossersch. Rosswein
Höltzel, M. in Stuttgart
Hohmann, Dr. C. in Göttingen
Holzt, A., Director des Technikum in Mittweida
Huber, Prof. Dr., Sekretär der Handelskammer und Dozent der K. technischen Hochschule in Stuttgart
Ihering, A. v., Reg.-Baumeister, Dozent der K. techn. Hochschule in Aachen
Kerp, Dr. W. in Göttingen
Kielmeyer, Dr. A. in Leipzig
Köchy, Reg.-Baum., Prof. d. K. techn. Hochsch., Aachen
König, Dr., Prof. der K. Akademie in Münster i. W.

Koll, Dr. O., Prof. d. K. landw. Akademie Poppelsdorf
Kraft, M., Prof. der K. K. techn. Hochschule in Graz
Künkler, A., Chemiker in Mannheim
Landgraf, Dr., Frankfurt a. M.
Launhardt, Geh. Reg.-Rat, Prof. der K. techn. Hochschule in Hannover
Leppla, Dr. A., K. Bezirksgeologe in Berlin
Liebetanz, Frz. in Düsseldorf
Linde, Prof. Karl, in München
Lindner, G., Prof. d. Grossh. techn. Hochsch., Karlsruhe
Lippert, Dr. P., Bibliothekar in Berlin
Lubberger, Oberingenieur in Freiburg i. B.
Lüdicke, A., Prof. d. H. techn. Hochsch. Braunschweig
Lueger, O., Prof. Dr., Civil-Ingenieur in Stuttgart
Mantel, G., Docent am eidg. Polytechnikum in Zürich
Maurer, Prof. Rud., Ingenieur in Stuttgart
Mauser, Waffenfabrik in Oberndorf
zur Megede, K. Reg.-Baumeister, Privatdozent der K. techn. Hochschule in Berlin-Charlottenburg
Mehmke, Dr. R., Prof. d. K. techn. Hochsch. Stuttgart
Melan, Jos., Prof. der K. K. techn. Hochsch. in Brünn
Meyer, Georg, Prof. der K. techn. Hochschule in Berlin
Moedebeck, H., Hauptm. u. Comp.-Chef, Ehrenbreitstein
Möhlau, Dr. R., Prof. der K. techn. Hochschule in Dresden
Müller, E., Prof. der K. techn. Hochschule, Hannover
Müller, E., Telegraphen-Ingenieur in Berlin
Nernst, Dr., Prof. der Universität in Göttingen
Niessen von, Kapitänlieutenant a. D., Charlottenburg
Ochsenius, Dr. C., Konsul a. D., Marburg in Hessen
† *Oer*, Frhr. v., Geh. Hofrat, Prof. der K. techn. Hochschule in Dresden
Oidtmann, Dr. H., Linnich
Pässler, Dr. Joh. in Freiberg i. S.
Peukert, W., Prof. d. H. techn. Hochsch. Braunschweig
Philip, Dr. M., Dozent d. K. techn. Hochsch. in Stuttgart
Plato, Dr. F. in Berlin
Preuss, J., Oberingenieur in Kiel
Rathgen, Dr. F., Chemiker der K. Museen in Berlin
Reinhertz, Dr. C., Prof. der Universität in Bonn und der landwirtschaftl. Akademie in Poppelsdorf
Reinitzer, Fr., Prof. der K. K. techn. Hochschule Graz
Ritter, W., Prof. am eidgen. Polytechnikum in Zürich
Rudeloff, Prof. M., Ingenieur, stellvertr. Vorsteher der K. mechanisch-techn. Versuchs-Anstalt, Charlottenburg
Saalfeld, H., Buchbindermeister in Berlin
Schaar, Gg. F., Civil-Ingenieur in Altona
Schell, Dr. W., Geh. Hofrat, Prof. der Grossherzogl. techn. Hochschule in Karlsruhe
Schiefner, Th. Eug., Fabrikdirektor in Wien
Schmezer, Landwirtschaftsinspektor in Freiburg i. Br.
Schmid, Paul, Oberstlieutenant a. D. in Ravensburg
Schmidt, Dr. Adolf, Prof. der Universität in Heidelberg
Schmidt, Prof. Dr. Aug. in Stuttgart
Schmitt, Dr. Ed., Geh. Baurat, Prof. der Grossherzogl. techn. Hochschule in Darmstadt
Schöttler, R., Prof. d. H. techn. Hochsch. Braunschweig
Schubert-Soldern, Ritter von, Prof. der K. K. techn. Hochschule in Prag
Schwarz, Tj., K. Marinebauinspektor, Wilhelmshaven
Seifferth, Dr. in Troisdorf
Sieglin, Dr., Prof. der K. landw. Akademie, Hohenheim
† *Stockbauer*, Dr., Konserv. d. B. Gewerbemus. Nürnberg
Stoeving, Curt, Architekturmaler, Privatdozent der K. techn. Hochschule in Berlin-Charlottenburg
Strebel, Prof. der K. landw. Akademie in Hohenheim
Stübben, J., Königl. Baurat, Beigeordneter, Köln
Thilo, Dr. J. in Mühlheim a. Main
Tiedemann, L. v., Geh. Reg.-Rat in Potsdam
Tonndorf, Ed., Buchbinderei-Vorstand in Stuttgart
Treptow, E., Prof. der K. Bergakad. in Freiberg i. S.
Vogel, Dr. H. W., Prof. d. K. techn. Hochschule Berlin
Vonderlinn, J., Ingenieur in Breslau
† *Weber*, Prof. Dr. Rudolf in Berlin
Weckerlin, J. B., Chemiker-Kolorist in Fechenheim a. M.
Weinbrenner, Prof. A., Grossh. Baurat in Karlsruhe
Weitz, Dr. M. in Berlin
Weyrauch, Dr. J., Prof. d. K. techn. Hochsch. in Stuttgart
Willkomm, Prof. G. in Limbach i. S.
Willmann, L. v., Prof. d. Gr. techn. Hochsch. in Darmstadt
Wölffing, Dr. E., Doz. d. K. techn. Hochsch. Stuttgart
Wollny, Dr. E., Prof. der K. techn. Hochsch. in München
Zschokke, Conr., Prof. am eidg. Polytechn. in Zürich

C

(Artikel, die unter C vermisst werden, s. unter K oder Z.)

Calciumoxyd, Calciumoxydhydrat, s. unter Kalk.

Calciumphosphate, das neutrale oder tertiäre Calciumphosphat, $Ca_3(PO_4)_2$, ist das wichtigste der drei eigentlichen Phosphate des Calciums. Es bildet entweder ein weisses, amorphes Pulver oder dichte, erdige und kristallinische Massen, in Wasser unlöslich, in Säuren unter Bildung des primären Salzes löslich. Eine künstliche Darstellung des neutralen Phosphates ist ausgeschlossen, da es in mächtigen Minerallagern als Apatit und Phosphorit natürlich vorkommt und ausserdem den Hauptbestandteil der Tierknochen, tierischer Abfälle (Faeces, Guano) u. s. w. bildet. Auch in Pflanzen ist es enthalten, wird daraus aber nicht gewonnen. Wohl aber liefert die Eisenindustrie seit einigen Jahren grosse Mengen dieses Phosphates, die sogen. Thomasschlacke, als Abfallprodukt bei der Entphosphorung des Roheisens. — Letztere findet in fein pulverisirtem Zustande direkt als Düngemittel Anwendung. Die übrigen Phosphate bilden den Rohstoff für die Superphosphate oder künstlichen Dünger und die Phosphorfabrikation. — Das sekundäre Phosphat, $CaHPO_4$, ein weisses, in Wasser ebenfalls unlösliches Pulver, wird meist als Nebenprodukt bei der Reinigung der Knochenkohle dargestellt. Nach der Verkohlung der Knochen zum Zwecke der Gewinnung von Knochenkohle wird das ebenfalls mit in den Knochen vorhandene und in die Kohle übergegangene neutrale Calciumphosphat durch Salzsäure ausgelaugt; es geht hierbei in primäres, in Wasser lösliches Phosphat über (s. unten). Die so erhaltene Lösung wird nun dadurch wieder nutzbar gemacht, dass sie mit gelöschtem Kalk bis zur Bildung von sekundärem Phosphate versetzt wird: $Ca(H_2PO_4)_2 + Ca(HO)_2 = 2\,CaHPO_4 + 2\,H_2O$.
Dieses fällt als weisses Pulver aus und dient nach dem Auswaschen, Filtriren und Trocknen als Zusatz zum Viehfutter zur Stärkung des Knochenbaues. — Das primäre Phosphat, $Ca(H_2PO_4)_2$, ist ein in Wasser leicht lösliches, schwer als solches trocken zu erhaltendes Produkt. Es bildet sich bei der Behandlung des neutralen Phosphates mit Säuren.

$$Ca_3(PO_4)_2 + 2\,H_2SO_4 = Ca(H_2PO_4) + 2\,CaSO_4$$

ist der wesentlichste Bestandteil der als Superphosphate bekannten künstlichen Dünger und ist auch als Zwischenprodukt bei der Phosphorfabrikation bekannt. *Borchers.*

Calciumphosphid (Phosphorcalcium) bildet den Hauptbestandteil eines unter diesem Namen in den Handel gebrachten Produktes, welches dadurch entsteht, dass man über erhitzte, etwa haselnussgrosse Stücke von gebranntem Kalk dampfförmigen Phosphor leitet. Es bildet sich dabei ein dunkelbraunes bis schwarz aussehendes Produkt, aus Phosphiden, Phospheten, Hypophosphiten und unzersetztem Kalk bestehend. Mit Wasser in Berührung gebracht, entwickelt es selbstentzündlichen Phosphorwasserstoff; an der Luft oxydirt es sich leicht unter Selbstentzündung. Es findet in der Feuerwerkerei und zu Signalisirungszwecken Verwendung. *Borchers.*

Calciumsilikate, s. Mörtel, Zement, Glas, Schlacken.

Calciumsulfat, schwefelsaures Calcium, $CaSO_4$, Molekulargew. 136; spez. Gew. 2,9 bis 3,1; weisses, amorphes Pulver oder dichte, kristallinische Massen; bei Rotglut, leichter bei Gegenwart von Flussspat, schmelzbar. In Wasser ist es ziemlich löslich (1 : 500). Aus wässerigen Lösungen sich abscheidend, kristallisirt es mit $2\,H_2O$. Das wasserhaltige Salz, der Gips, verliert

beim Erhitzen auf 100° einen Teil, beim weiteren Erhitzen den Rest seines Kristallwassers. — Sowohl in wasserfreiem wie in wasserhaltigem Zustande kommt das Calciumsulfat natürlich vor (s. Anhydrit, $CaSO_4$; Gips $CaSO_4 + 2H_2O$) und findet sich wegen seiner nicht unbedeutenden Löslichkeit in vielen Quellwassern. — Ein bei höherer Temperatur gebrannter Gips, welcher die Fähigkeit, mit Wasser angerührt zu erhärten, verloren hat, führt den Namen Annalin. Das durch Fällung von Chlorcalciumlaugen, wie sie bei der Ammoniaksodafabrikation als Nebenprodukt fallen, mit Schwefelsäure erhaltene weisse Pulver geht, ausgewaschen und getrocknet, als pearl hardening in den Handel. Apparate für die Herstellung dieser verschiedenen Produkte finden sich in der unten angeführten Litteratur beschrieben und skizzirt. Anwendungen: zu Kunstgegenständen, Abgüssen, Formen, Stukk, Farben (Annalinfarben), Mörtel, Kitten, Dünger u. s. w.

Litteratur: [1] Heusinger v. Waldeck, Gipsbrenner, Leipzig 1867. — [2] Knapp, Chem. Technologie, 3. Aufl., Braunschweig 1865. — [3] Loeff, Entwürfe zum Bau von Kalk-, Zement-, Gips- und Ziegelbrennereien, Leipzig 1873. — [4] Stohmann u. Kerl, Encyklop. Handbuch der techn. Chemie, 4. Aufl., Braunschweig 1889. *Borchers.*

Calciumsulfide bilden weisse, graue und gelb gefärbte amorphe und kristallinische Massen. — Das einfache, in Wasser schwer lösliche Sulfid, CaS, bildet sich bei Reduktion des Sulfates mit Kohle; durch Umsetzung von Natriumsulfid mit Kalkstein beim Leblanc-Sodaverfahren und beim Erhitzen von Calciumkarbonat (Muschelschalen) mit Schwefel. Nach den zwei letzten Methoden erhält man ein oxydhaltiges Präparat. Das letzte Verfahren wird zur Herstellung der Leuchtfarben oder Leuchtmassen angewendet; dasselbe liefert ein Präparat, welches nach der Belichtung durch Sonnenlicht im Dunklen leuchtet. — Die mehrfachen Sulfide des Calciums, welche leicht in Wasser löslich sind, entstehen beim Erhitzen von gelöschtem Kalk mit Schwefel für sich oder in Wasser. — Das einfache Sulfid dient zur Erzeugung von Schwefelwasserstoff; die Oxysulfide der Sodaindustrie werden auf Schwefel, Natriumsulfid und Natriumhyposulfit, die aus Austern- und anderen Muschelschalen erzeugten Oxysulfide auf Leuchtfarben (s. auch Phosphore) verarbeitet; die Polysulfide dienen zur Herstellung des gefällten Schwefels und zur Darstellung von Calciumsulfantimoniaten für die Goldschwefelgewinnung. *Borchers.*

Calciumsulfite. Als schwefligsaurer Kalk wird von chemischen Fabriken eine Reihe von Präparaten in den Handel gebracht, welche gewissermassen als Transportmittel für schweflige Säure, bezw. Schwefeldioxyd dienen sollen. — Die trockenen, als schwefligsaurer Kalk verkauften Produkte enthalten meist das neutrale Sulfit $CaSO_3$ mit mehr oder weniger Wasser und meist auch mit mehr oder weniger oxydirtem Sulfite, also wertlosem Gips, während die flüssigen Produkte aus dünnen, wässerigen Lösungen des sauren Sulfites $Ca(HSO_3)_2$ bestehen. Beide werden erhalten durch Einwirkung von Schwefeldioxyd (schweflige Säure) auf gelöschten Kalk, in Wasser verteilten oder von Wasser berieselten Kalkstein. Sie dienen zum Bleichen, Desinfiziren, Konserviren; das Flüssige auch zur Cellulosefabrikation nach Mitscherlich. Konsumenten werden aber bei Benützung der in ihrer jetzigen Versandart leicht zu handhabenden, haltbaren, flüssigen, schwefligen Säure besser ihre Rechnung finden. *Borchers.*

Calcuttahanf (Sunnhanf), s. Spinnfasern.

Caliaturholz, s. Farbstoffe, pflanzliche.

Caliche heisst der im nördlichsten Teile von Chile und zwar in der Provinz Tarapaca sich findende Rohsalpeter. Er enthält je nach Reinheit 17—50 % Natronsalpeter und wird zu dem in den Handel gebrachten Chilisalpeter (s. d.) verarbeitet.

Litteratur: Weitz, Der landwirtschaftliche Raubbau, 1894, 3. Aufl. *Weitz.*

Calomel, s. Quecksilberchloride.

Camera lucida (camera clara) heisst ein von Wollaston 1811 erfundener Zeichnungsapparat (vergl. Zeichengeräte), der seinen Namen dem Gegensatz zu dem, ähnlichem Gebrauche dienenden, Apparate verdankt, welcher Camera obscura (s. d.) heisst. Ein Prisma von deldoidischem Querschnitte $abcd$ (Fig. 1) steht mit seiner horizontalen Kante a dicht vor dem nach unten blickenden Auge. Auf der Netzhaut des Auges entstehen zweierlei Bilder, die zum Teil in einander

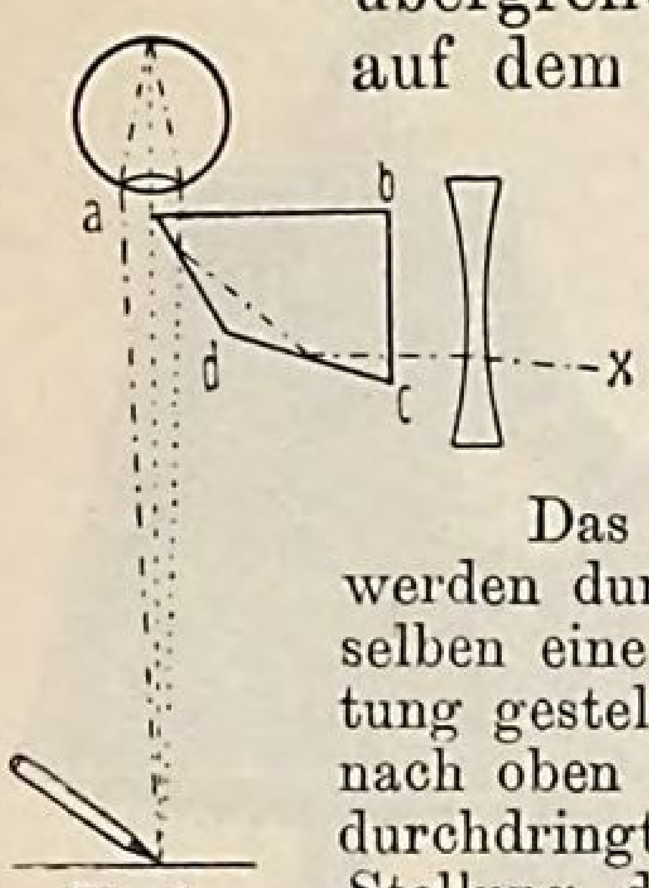
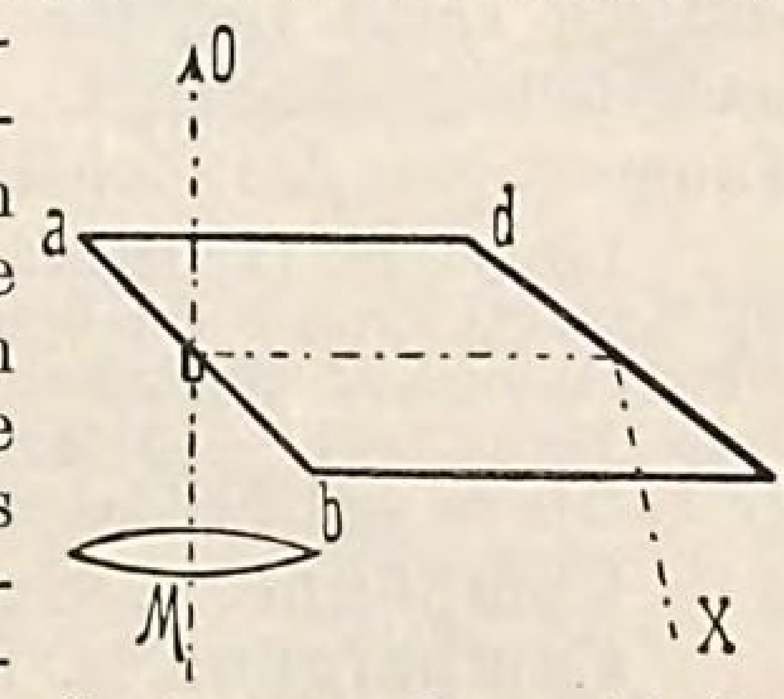


Fig. 1.

übergreifen: 1. Das Bild eines in Sehweite befindlichen Zeichenblattes auf dem horizontalen Tische samt der Spitze des Zeichenstiftes, 2. das Bild eines abzuzeichnenden Objektes, dessen Licht von vorne (Richtung von x her) in das Prisma eintritt und durch zweimalige Totalreflexion an den schiefen Prismenflächen eine Ablenkung nach oben erfährt. Die Spitze des Bleistiftes hat den Umrissen des auf die Zeichenebene projizirten Bildes zu folgen.

Das Wollaston'sche Prisma kann in weniger vollkommener Weise auch ersetzt werden durch eine geschliffene ebene Glasplatte (Terquem und Hofmann geben derselben eine schwache Versilberung), welche unter 45° so gegen die vertikale Sehrichtung gestellt wird, dass die vom Objekt kommenden Strahlen an der Platte reflektirt nach oben zum Auge gehen und das von der Zeichenebene kommende Licht die Platte durchdringt. Sömmering empfahl einfach einen kleinen Metallspiegel in derselben Stellung, dessen Reflexion das Bild des Objekts auf der Zeichenebene entwirft, deren Bild gleichzeitig durch die am Spiegelchen vorbeigehenden Strahlen sichtbar wird.

Beim Gebrauche der Camera lucida ist darauf zu achten, dass die Gegenstände ebenfalls in Sehweite vom Auge sich befinden, weil sonst die Zeichenebene nicht der Ort ihres durch Reflexion erzeugten Bildes ist. Sind die abzubildenden Gegenstände weiter entfernt, so kann man mit Hilfe einer passenden Konkavlinse von etwa 20—25 cm Zerstreuungsweite, die man in den Gang der horizontal ankommenden Strahlen stellt, ein richtig entferntes Bild des Objektes erzeugen; für zu nahe Gegenstände ist eine Sammellinse zu verwenden. Eine solche Korrektion der Objektweite ist nicht nötig, wenn die Camera lucida vor das Objektiv eines Fernrohrs oder eines Mikroskops gebracht wird, weil die Bilder dieser Instrumente sich schon in Sehweite befinden. Für das stehende Mikroskop können die beschriebenen Apparate nur gebraucht werden, wenn man eine vertikal gestellte Zeichenebene anwendet. Um die Zeichenebene horizontal neben das Mikroskop legen zu können, sind andere Apparate notwendig, durch welche die vom Objekt kommenden Strahlen nicht eine Ablenkung um 90°, sondern eine seitliche Verschiebung erfahren. Fig. 2 erklärt das Prinzip der Camera lucida von Nachet. Das in O befindliche Auge erhält gleichzeitig Licht von der Zeichenebene in der Richtung von x her durch zweimalige Totalreflexion an den schiefen Prismenflächen ab und dc und vom Mikroskop M her mittelst des kleinen, an das Prisma angekitteten Glascylinders, der sich in der Verlängerung der Mikroskopaxe befindet. Dieser und ein ähnlicher Apparat von Nobert, sowie der Sömmering'sche Apparat sind näher beschrieben und abgebildet in [1]. Ueber eine sehr zweckmässige Konstruktion der Camera lucida von Abbe zum Gebrauche beim Mikroskope (zu beziehen von Zeiss in Jena) vergl. [2].



Litteratur: [1] Lehrb. d. Physik u. Meteorologie von Müller-Pfaundler, 8. Aufl., II, S. 347, Braunschweig 1879. — [2] Fricks physikal. Technik, II, S. 770, Braunschweig 1895. *A. Schmidt.*

Camera obscura, optische Kammer, Dunkelkammer, ist eine von Leonardo da Vinci [1] ums Jahr 1500 erfundene, von Erasmus Reinhold (1540) und besonders von Giambattista della Porta (1553) vervollkommnete Vorrichtung zur Projektion reeller Bilder von Naturgegenständen auf die Fläche eines ebenen Schirms. Sie dient als Projektionsapparat teils für den Zeichner, der die auf die Zeichenebene entworfenen Bilder durch Umfahren ihrer Umrisse skizzirt, teils für den Photographen, der die Bilder auf einer lichtempfindlichen Platte als Schirm entstehen lässt.

Die einfachste Form der Dunkelkammer ist ein Hohlraum, in welchem einer ebenen Wand eine kleine Lichtöffnung gegenüber steht. Jeder leuchtende Punkt ausserhalb der Kammer, dessen Licht durch die Oeffnung dringt, bildet die Spitze eines Lichtstrahlenkegels, dessen Basis ein um so kleineres Lichtbildchen auf der auffangenden Wand bildet, je kleiner die Lichtöffnung ist. Auf der Wand entsteht daher ein umgekehrtes Bild der Aussenwelt, um so schärfer, aber auch um so lichtschwächer, je kleiner die Lichtöffnung ist, um so grösser und lichtschwächer, je grösser die Entfernung der Wand von der Lichtöffnung ist. Bei genügend feiner Oeffnung und genügend langer Exposition gelingen mit dieser primitivsten Kammer brauchbare photographische Aufnahmen. Die wichtigste Vervollkommnung besteht in der Einfügung einer Konvexlinse in die Lichtöffnung. Diese entwirft bei passender Entfernung der abzubildenden Gegenstände auf dem auffangenden Schirme scharfe reelle Bilder (s. Linse).

Die weitere Verbesserung der Camera beruht nun hauptsächlich in der Vervollkommnung der photographischen Objektive, indem man die einfache Glaslinse durch eine achromatische und aplanatische Doppellinse ersetzte, indem man die Fehler der Verzerrung der Bilder und des Astigmatismus durch Einführung sogenannter symmetrischer Doublets, besonders der sogen. Steinheil'schen Aplanaten, symmetrisch gestellter achromatischer Linsenpaare, verbesserte. Die neueste Stufe der Vervollkommnung bilden die Zeiss-Anastigmaten (vergl. d. Art Aplanatisch). In Betreff des weiteren über die photographische Camera sei verwiesen auf [2] und die Spezialwerke [3], [4] und [5].

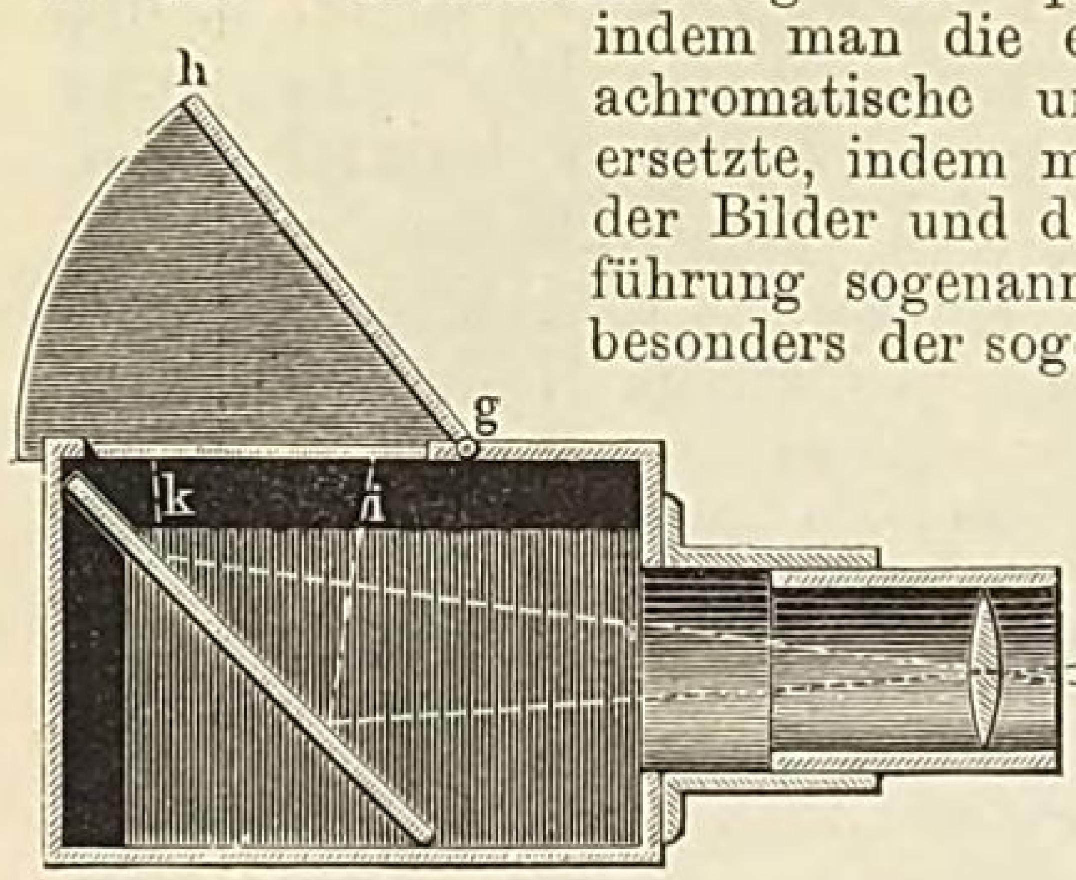
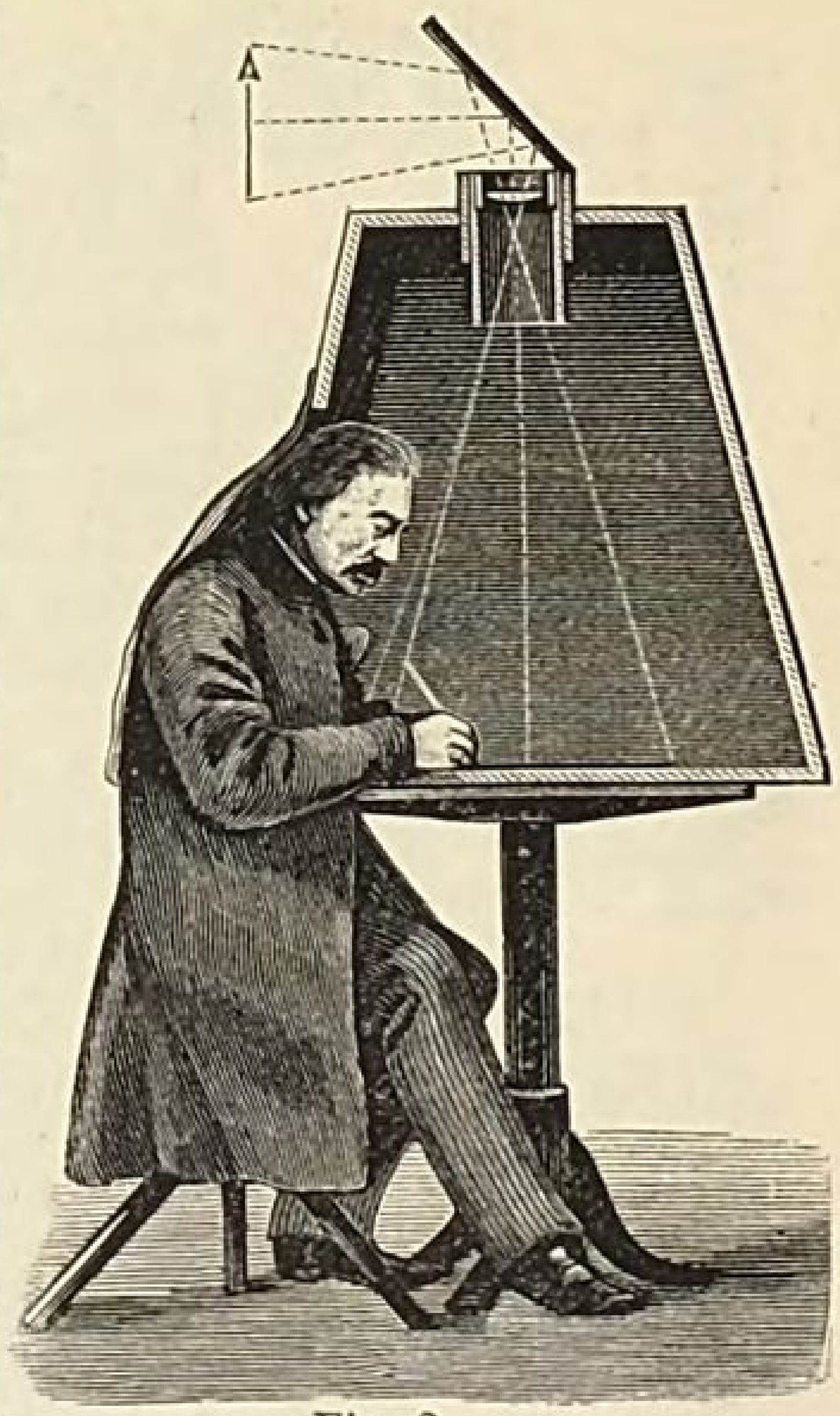


Fig. 1.


Fig. 2.

Während bei der photographischen Camera die Bilder auf einer vertikalen Bildfläche entworfen werden, ist bei den Zeichnungsapparaten die Bildfläche horizontal. Ein unter 45° gegen die horizontale Richtung geneigter Spiegel bewirkt entweder die Ablenkung der Strahlen nach oben (Fig. 1), wobei für das ausserhalb des Apparates befindliche Auge das Bild auf einer mattgeschliffenen transparenten Glastafel *ik* entworfen wird; der Deckel *gh* hält das seitliche Licht von der Bildfläche ab oder aber (Fig. 2) werden die Strahlen nach unten abgelenkt. Auge und Hand des Zeichners befinden sich in der Kammer, wo das Zeichenblatt als Bildfläche dient.

Litteratur: [1] Heller, Geschichte der Physik, I, S. 246 und 308, Stuttgart 1882. — [2] Czapski, Theorie der optischen Instrumente, S. 195—205, Breslau 1893. — [3] Eder, Die photographischen Objektive, Halle 1891. — [4] Schröder, Die Elemente der photographischen Optik, Berlin 1891. — [5] A. Miethe, Photographische Optik ohne mathematische Entwicklungen für Fachleute und Liebhaber, Berlin 1893. *Aug. Schmidt*

Campagne, s. Schiffbau.

Campaignac, s. Schiffswiderstand.

Campanile, s. v. w. Glockenturm, insbesondere die in Italien errichteten Bauten dieser Art. Sie sind zumeist freistehend mit dem Kirchenbau nicht verbunden und besitzen zahlreiche Schallöffnungen.

Campecheholz, s. Farbstoffe, pflanzliche.

Campo santo, Bezeichnung der Friedhöfe in Italien.

Campylometer, s. Rektifizirinstrumente.

Camwood, s. Farbstoffe, pflanzliche.

Cana (Elle), spanisches Längenmass = 8 Palmos = 1,564 m auf Malorca, 1,604 m auf Menorca.

Canada, portugiesisches Flüssigkeitsmass = 1,365 l; 12 Canada = 1 Almude; 360 Canada = 1 Tonelada.

Canadol, s. Petroleum.

Canangaöl, s. Ylang-Ylangöl.

Candagang, dem Gambohanf (s. Spinnfasern) verwandte Bastfaser von Hibiscus eriocarpus *D. C.* (Indien), kommt mit dem Gambohanf zuweilen unter gleichem Namen (brown hemp), sonst als Indian hemp auf den englischen Markt.

Caneelstein, s. Granat.

Canel, s. Schiffsgeschütze.

Canephora, s. Karyatide.

Canevas, s. Weberei.

Cannelkohle, eine englische, an flüchtigen Bestandteilen sehr reiche und deshalb für Bereitung von Leuchtgas vorteilhafte Steinkohle (vergl. Brennstoffe, Bd. 2, S. 677).

Cannelure, s. Kanälirung.

Cannetillen, s. Leonische Waren.

Cannette, s. Seidenspinnerei.

Cantaro, in Nordafrika, Italien und der Türkei früher gebräuchliches Handelsgewicht, in Konstantinopel früher 56,11, jetzt 100, in Rom 33,91, auf Malta 79,38 kg. Als Flüssigkeitsmass in Spanien gleich Arroba mayor oder 16,133 l. In Chile s. v. w. Arroba (s. d.).

Cantharus (Kantharos), griechisch = Trinkgefäss (Humpen) oder Schmuckgegenstand, bezeichnet in der altchristlichen Architektur einen in der Basilika (vgl. Bd. 2, S. 33) befindlichen, zur Reinigung benützten Brunnen; auch für Kirchenleuchter und für die beim katholischen Gottesdienste gebräuchlichen Messkannen wird diese Bezeichnung angewendet.

Cantilever-Brücken, eine besonders in Nordamerika häufig angewendete Form von Brückenträgern; s. Kragträgerbrücken.

Capell'scher Ventilator, ein mit gebrochenen Schaufeln versehenes, von George M. Capell in Pattenham (England) erfundenes Schleudergebläse (D. R. P. Nr. 25273), Fig. 1, bei welchem sich im Innern des Flügelrades eine mit einer grösseren Anzahl von Oeffnungen versehene Trommel befindet, welche sowohl innerhalb als auch ausserhalb eine Anzahl nach rückwärts gekrümmter Schaufeln trägt. Die Luft wird entweder auf einer Seite oder auf beiden Seiten des Rades eingesaugt. Fig. 2 stellt den Einbau und Antrieb eines zur Grubenventilation bestimmten Capell-Ventilators dar, welcher 1892 auf Zeche Holland bei Wattenscheid i. Westf. aufgestellt wurde. Die Capell-Ventilatoren werden in Deutschland von der Firma R. W. Dinnendahl in Kunstwerkshütte bei Steele in Rheinpreussen ausgeführt. Der vorerwähnte Ventilator hat einen Flügelraddurchmesser von 3,8 m, eine konstante Flügelbreite von 1,8 m und zwei Saugöffnungen von je 1,9 m Durchmesser. Je sechs Flügel sind sowohl innen als aussen an der mit sechs Durchlassöffnungen von 0,7 . 0,7 m versehenen Trommel in der aus der Figur ersichtlichen Art und Weise gegen einander versetzt befestigt. Der Antrieb geschieht durch acht Hanfseile von 45 mm Dicke von der Antriebsdampfmaschine aus, einer Zwillingsdampfmaschine von 0,52 m Cylinderdurchmesser und 0,8 m Hub mit Rider-Rundschiebersteuerung. — Die erwähnte Maschine wurde im April 1894 von G. Herbst in Bochum einem eingehenden Versuch unterworfen [1], welcher folgende Resultate lieferte:

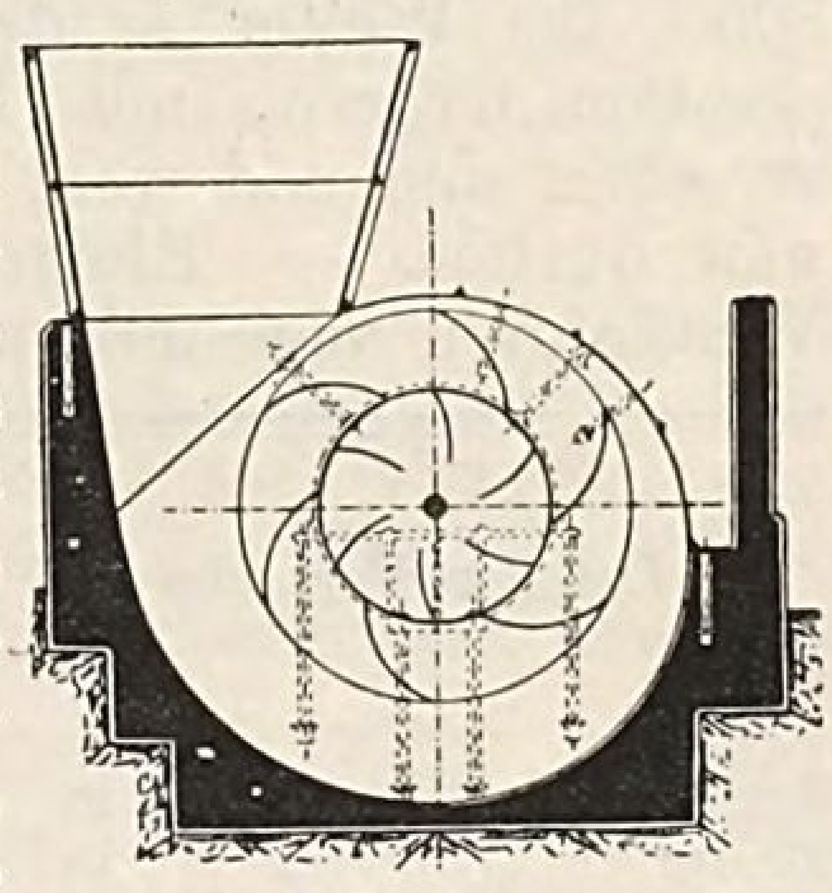


Fig. 1.

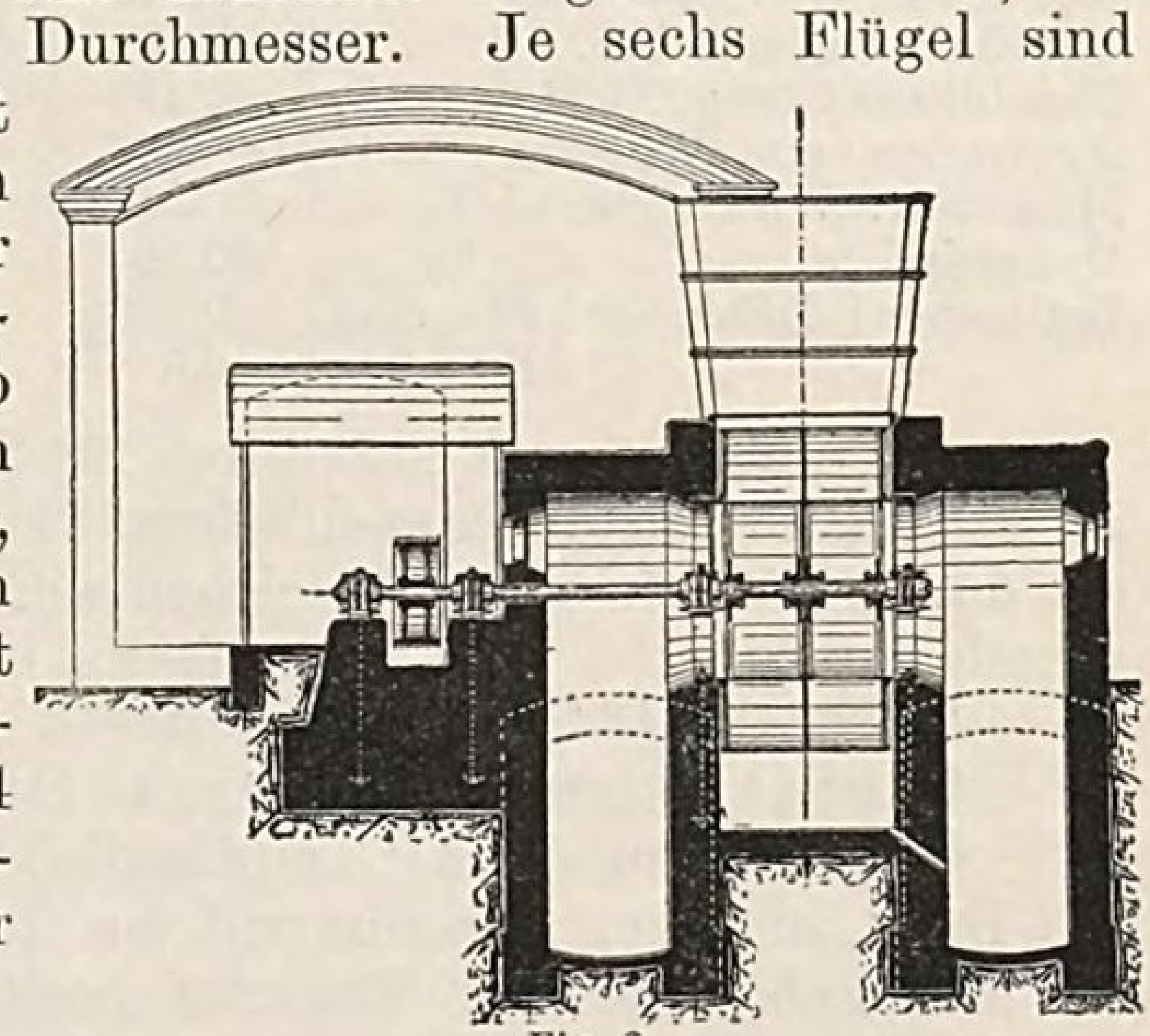


Fig. 2.

Pos.	Versuchs-Nummer	I	II	III	IV
1	Umdrehungen der Maschine i. d. Minute	36	53	56,5	60
2	Umdrehungen des Ventilators i. d. Minute . . .	180	259	275	282
3	Uebersetzung 1 :	5	4,887	4,867	4,70
4	Depression in Millimeter Wasser	80	174	193	222
5	Wettermenge in Kubikmeter i. d. Minute	2498	3922,8	4294,4	4600
6	Gewicht von 1 cbm der Gase in Kilogramm . . .	1,1995	1,1884	1,1862	
7	Mittlerer Dampfdruck in Kilogramm pro Quadratm.	1,2467	2,9875	3,1188	
8	Indizirte Dampfarbeit P.S.	66,448	234,42	260,89	
9	Arbeit zur Wetterbewegung P.S.	44,285	150,76	182,94	
10	Arbeit in den zuströmenden Wettern P.S.	1,182	4,53	5,94	
11	Nutzleistung des Ventilators P.S.	43,103	146,23	177,00	
12	Nutzeffekt der Gesamtanlage in Prozenten	64,9	62,4	67,8	
13	Grubenweite in Quadratmetern	1,1509	1,2199	1,2668	
14	Aequival. Oeffnung in Quadratmetern.	1,7706	1,8767	1,9489	

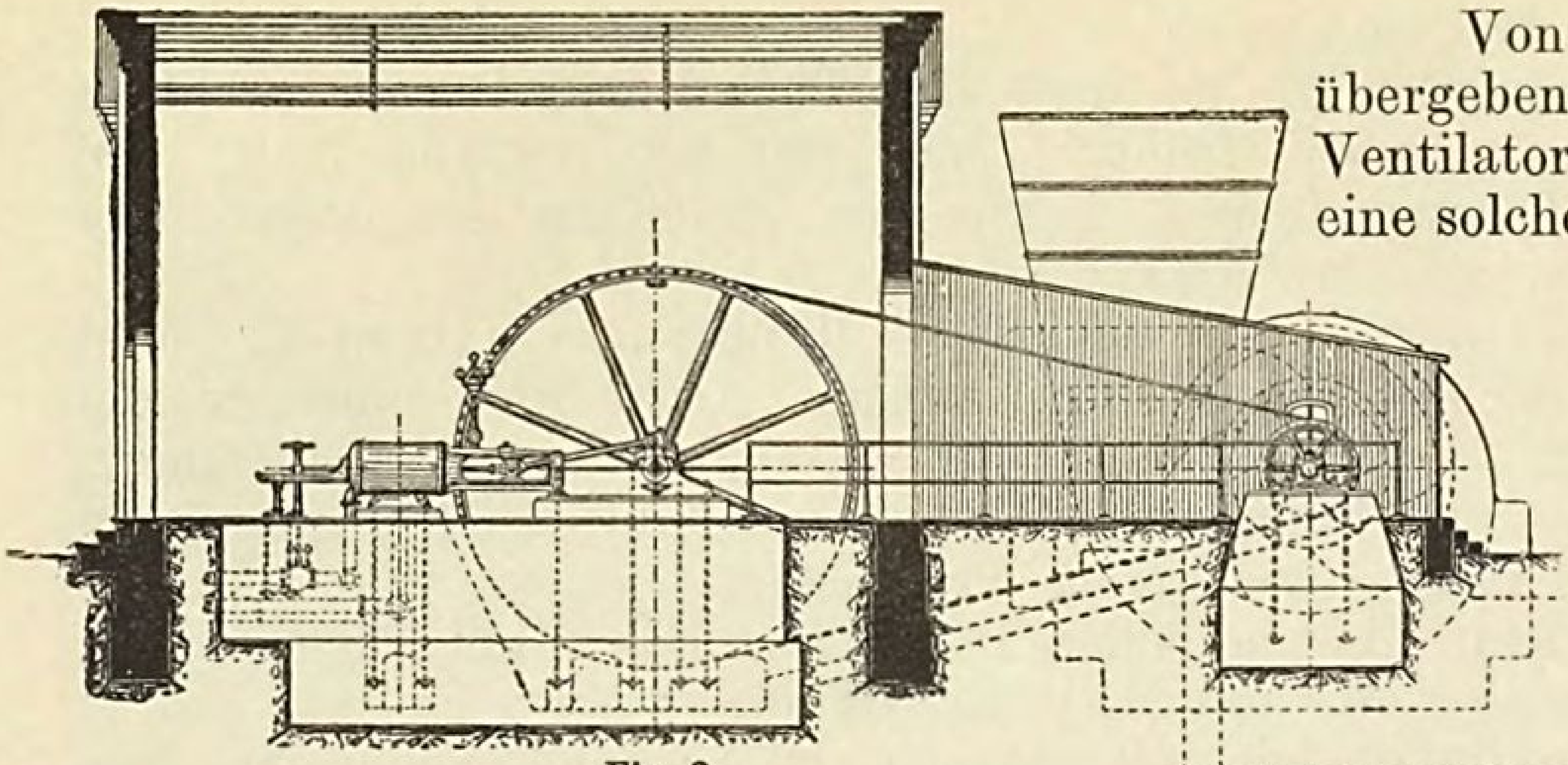


Fig. 3.

Von neuesten, dem Betrieb übergebenen Anlagen mit Capell-Ventilatoren sind zu erwähnen eine solche auf Zeche General Blumenthal in Recklinghausen mit 6500 cbm minutlicher Wettermenge bei ca. 300 mm Wassersäule Depression; ferner auf Zeche Prosper II bei Bottrop und Zeche Pluto bei Wanne, welche 7000 bezw. 8000 cbm Wetter in der Minute bei ebenfalls ca. 300 mm Wassersäule Depression fördern, mit Betriebsmaschinen von annähernd 800 indizirten P. S. versehen sind und wohl die grössten, bisher gebauten Grubenventilationsanlagen sein dürften. — Einige ältere Versuche, welche gleichfalls mit Capell'schen Ventilatoren angestellt wurden, ergaben folgende Resultate:

Ort der Versuche [2]	Zeche Friedr. Joachim	Zeche Prosper	Waleswood, Fairley	Waleswood	Paris, Bochet	Swansea, England
Durchm. des Ventilators m . .	2,5	3,75	3,05	3,05	0,915	3,05
Breite „ „ m . .	1,8	2,0	2,44	2,44	0,31	1,3
Mittlere Tourenzahl i. d. Min. .	78	80	213	205	700	146
Mittl. Umfangsgeschw. i. d. Sek. m	10,21	15,71	33,95	32,7	33,52	23,3
Luftmenge i. d. Sek. cbm . . .	22,316	54,95	47,24	51,3	4,85	16,4
Ventilatorleistung P.S.	26,78	157,9	48,89	51,9	3,05	5,2
Maschinenleistung Ni P.S. . .	44,49	310	55,00	59,3	—	7,5
Depression, mm Wassers. . . .	93	223	78,74	76	52	24
Manometr. Wirkungsgrad % .	—	—	—	—	83	—
Dynamischer „ % .	60,19	51,0	89,0	87,5	—	68,0
Luftmenge i. d. Sek. für 1 PSe, cbm	0,833	0,347	0,966	0,988	—	3,154
„ „ „ „ 1 PSi, cbm	0,5	0,177	0,86	0,865	—	2,186

Auch als kleine Ventilatoren für Schmiedefeuer, sowie zur Sonderventilation in Gruben finden die Capell'schen Ventilatoren Anwendung, in welchen Fällen sie durch Menschenhand betrieben werden und mit Handkurbeln und Vorgelegen versehen sind.

Litteratur: [1] Glückauf 1894, Nr. 47. — [2] v. Ihering, Die Gebläse, Berlin 1893, S. 297.

v. Ihering.

Capillairsirup, -zucker, s. Stärkezuckerfabrikation.

Capitolium (ital. Campidoglio) bedeutet im allgemeinen bei den Römern die Burg mit dem Nebenbegriff des Regierungssitzes; im speziellen wird häufig die Burganlage zu Rom darunter verstanden. Auch im Mittelalter wurde diese Bezeichnung im ähnlichen Sinne verwendet.

Caprubin, s. Granat.

Caput mortuum, s. Eisenrot und Roteisenerz.

Caragate, s. Polstermaterialien.

Carapafett, Carapa-, Andiroba-, Kundah-, Talicunah-, Toulucunaöl, englisch Craboil, wird aus den Samen verschiedener, im tropischen Amerika einheimischer, auch in Westafrika, auf Ceylon und dem südostasiatischen Archipel vorkommender Meliaceen durch Auskochen und Pressen gewonnen. Vorzugsweise liefern die Samen des Crabbaumes Carapa guyanensis *Aubl.* und Carapa toulucuna *Aubl.* das Carapafett. Auf den europäischen Markt ist das Carapafett nur von Guyana und Brasilien [1] gekommen. Es ist butterartig, dickflüssig-breiig bei 18 °C., gelblich, stellenweise bräunlich, von schwachem, eigentümlichem Geruche und stark bitterem Geschmacke. Produkte erster Pressung geben ein schon bei 10°, die gewöhnlichen Handelssorten ein bei 18° bis 23,6° C. schmelzendes Fett [1], [4]. Hauptbestandteile des Carapafettes sind Oleïn und

Palmitin; der Bitterstoff wurde von Cadet und Meyer als Strychnin angesehen. Petroz und Bobinet haben in der Rinde ein neues Alkaloid, das Carapin, nachgewiesen [3], das wahrscheinlich mit dem Bitterstoff des Samens identisch ist; letzterer kann aus dem Fett durch anhaltendes Kochen mit Wasser entfernt werden. Aether löst das Fett vollständig, Alkohol nur wenig, Alkalien verseifen es rasch [1], [4]. Indianer bestreichen damit ihre Haut, um sie vor Insekten zu schützen; auch Holz, damit bestrichen, bleibt von Insektenfrass verschont. Sowohl in den Heimatländern, als auch in England und Frankreich dient Carapafett seit längerer Zeit als ein billiger Rohstoff zur Fabrikation von Seifen [1], [2], [4]. Es scheint die Forderung nicht unberechtigt zu sein, stark bitter schmeckende Seifen auf Strychnin zu prüfen; denn die giftige Wirkung des Carapafetts ist nicht nur aus dem Insektenschutz, den das Carapafett bietet, zu ersehen, sondern auch daraus, dass es im tropischen Amerika gegen bösartige Hautausschläge und Geschwülste mit Erfolg angewendet wurde.

Litteratur: [1] Wiesner, Rohstoffe, Leipzig 1873, S. 206. — [2] Benedikt, in Realencyklopädie der ges. Pharmacie, Wien 1887, Bd. 2, S. 541. — [3] A. Gawalowski, Pharmac. Post, Wien 1890, Bd. 23, S. 257. — [4] C. Schädler, Die Technologie der Fette und Oele des Pflanzen- u. Tierreiches, 2. Aufl., bearb. von P. Lohmann, Leipzig 1892. *T. F. Hanausek.*

Carbazol, s. Farbstoffe, künstliche organische.

Carbolineum, Destillationsprodukt des Steinkohlenteers; es ist ziemlich dünnflüssig, von lasirend brauner Farbe und wird zum Konserviren von Holzobjekten, namentlich von solchen, welche der Einwirkung der Witterung ausgesetzt sind, vielfach angewendet. Die Angaben über die Herstellung des Carbolineums sind so verschieden, dass jedenfalls ganz verschiedene Produkte unter dem einen Namen in Verkehr kommen.

Berger untersuchte Carbolineum Avenarius und äussert sich, dass solches, wenngleich die sich in demselben noch findenden Bestandteile des Steinkohlenteeres eine gewisse konservirende Wirkung besitzen, dieselbe doch im Vergleiche mit Steinkohlenteer in Gasfabriken eine bedeutend geringere ist, da eben die Teersäuren (Karbolsäure) zum grössten Teile entzogen sind, also gerade die für die Konservirung wichtigsten Bestandteile fehlen. Dieser Uebelstand ist auf der andern Seite jedoch durch den Zusatz von Chlorzink nicht wettgemacht. Die mit Carbolineum gemachten Anstriche verblassen nach einiger Zeit, Oelfarbenanstriche dürfen auf denselben nicht gemacht werden, da das Carbolineum durchschlägt.

Seit kurzer Zeit kommen auch farbige Carbolineumsorten in den Handel. Die Preise schwanken zwischen 14 und 30 *M.*, je nach dem Ursprungsorte.

Litteratur: Zeitschrift für Berg-, Hütten- und Salinenwesen, Bd. 38, S. 265. *Andés.*

Carbonado, s. Kohlenstoff.

Carbonit, s. Sprengstoffe.

Carborundum. Unter diesem Namen wird in neuester Zeit ein Siliciumkarbid oder Kohlenstoffsilicid, vielleicht auch nur eine Legirung von Kohlenstoff und Silicium in den Handel gebracht, welches sich durch ausserordentliche Härte auszeichnet. Das Carborundum, annähernd der Formel CSi entsprechend, bildet rhomboëdrische Tafeln, welche meist grünlich, auch gelblich gefärbt und durchscheinend bis durchsichtig erhalten werden. Die Darstellung geschieht durch Reduktion von Quarz (SiO_2) vermittelst elektrisch erhitzter Kohle, wie dieselbe für schwer reduzirbare Oxyde schon 1891 in der 1. Aufl. von [1] veröffentlicht und auch in den achtziger Jahren vom Verfasser dieses Artikels ausgeführt wurde: das Oxyd wird um einen dünnen Kohlenstab gepackt, welcher zwischen zwei dickere Kohlenstäbe in einen kräftigen elektrischen Stromkreis eingeschaltet ist. Der als Widerstand dienende dünne Kohlenstab (bezw. eine dünne Kohlenschicht) kann auf beliebig hohe Temperatur erhitzt werden. Er überträgt seine Wärme direkt auf das zu reduzirende Oxyd. Mit Kolophonium (am besten als ganz feines Pulver) zusammengeschmolzen [2] dient er zum Poliren; zum Schleifen, Reiben u. s. w. wird er mit Thon (Porzellanerde) gemischt und bei hoher Temperatur gebrannt.

Litteratur: [1] Borchers, Elektrometallurgie, 2. Aufl., Braunschweig 1895. — [2] Wedding in Stahl und Eisen, Jahrg. 1893, S. 800. *Borchers.*

Cardanische Aufhängung, s. Cardanisches Gelenk u. Aufhängung.

Cardanische Formel, die von Nicolo Tartaglia 1535 gefundene, von Cardano 1545 [1] gegen sein Versprechen veröffentlichte Formel für die Lösung kubischer Gleichungen von der Form $x^3 + mx + n = o$, nämlich:

$$x=\sqrt[3]{-\frac{n}{2}+\sqrt{\frac{n^2}{4}+\frac{m^3}{27}}}+\sqrt[3]{-\frac{n}{2}-\sqrt{\frac{n^2}{4}+\frac{m^3}{27}}}$$

die in der Formel vorkommende Quadratwurzel $\sqrt{\frac{n^2}{4}+\frac{m^3}{27}}$ wird in vielen Fällen imaginär (casus irreducibilis), obwohl gerade dann alle drei Wurzeln der Gleichung reell sind. Näheres hierüber s. unter Gleichungen, über das Geschichtliche in [2].

Litteratur: [1] Cardano, Artis magnae sive de regulis algebraicis liber unus, Nürnberg 1545. — [2] Cantor in Schlömilchs Zeitschr. für Mathem. u. Physik, Bd. 25, S. 133.

Cardanische Kreise. In Fig. 1 rollt ein Kreis p innerhalb an einem doppelt so grossen festen Kreise π. Gelangt der rollende Kreis p aus seiner Lage, in welcher er den Kreis π im Punkt $\mathfrak{P}$ berührt, nach p_1 und der Berührungspunkt nach $\mathfrak{P}_1$, so ist, wenn man im Kreise π den Radius $\Omega\mathfrak{P}_1$ zieht, der den Kreis p in Punkt $\mathfrak{P}'$ trifft, der Bogen $\mathfrak{P}\mathfrak{P}'$ auf dem gleich langen Bogen $\mathfrak{P}\mathfrak{P}_1$ entlang gerollt. Zieht man ferner im Kreise π einen Durchmesser $\mathfrak{P}_0\mathfrak{P}_2$, der die Kreise p, p_1 in den Punkten A, A_1 schneidet; dann ist der Bogen $A\mathfrak{P}'$ gleich dem Bogen $A_1\mathfrak{P}_1$. Hieraus folgt, dass der Punkt A des rollenden Kreises p sich auf dem Durchmesser $\mathfrak{P}_0\mathfrak{P}_2$ nach A_1 bewegt hat und dass jeder Punkt des rollenden Kreises p sich auf einem entsprechenden Durchmesser des festen Kreises π bewegt.

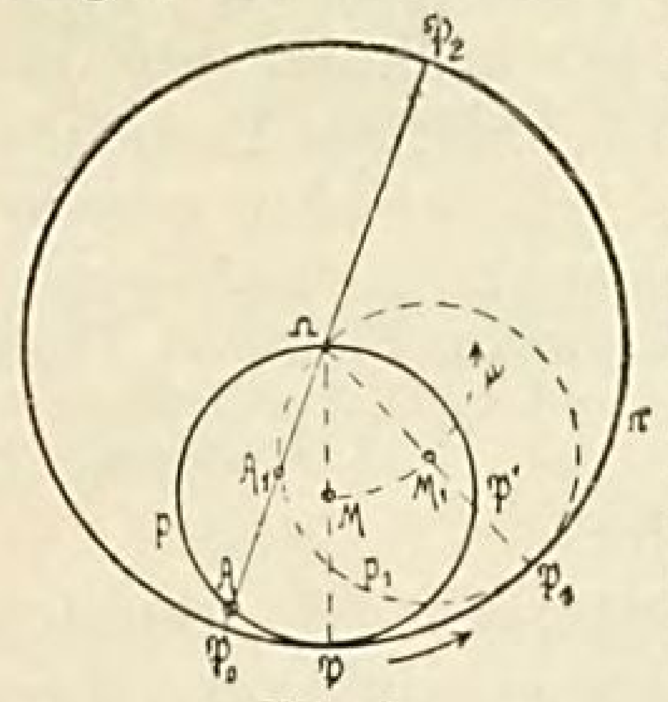


Fig. 1.

Befindet sich der Berührungspunkt des rollenden Kreises p in $\mathfrak{P}_0$, dann coincidirt der Punkt A mit $\mathfrak{P}_0$. Während der Kreis p von $\mathfrak{P}_0$ bis $\mathfrak{P}_2$ und ferner von $\mathfrak{P}_2$ bis $\mathfrak{P}_0$ rollt, durchläuft demnach der Punkt A des rollenden Kreises p den Durchmesser $\mathfrak{P}_0\mathfrak{P}_2$ hin- und hergehend. Dasselbe gilt somit von allen Punkten des rollenden Kreises. Dieser Bewegungsvorgang wurde von Cardano [1] mitgeteilt und deshalb hat man diese beiden Kreise Cardanische Kreise [2] genannt. — Von De la Hire [3] wurde nachgewiesen, dass jeder mit dem rollenden Kreise verbundene Punkt, der nicht auf der Peripherie dieses Kreises liegt, eine Ellipse beschreibt, deren Mittelpunkt Ω ist. Für den Mittelpunkt M des rollenden Kreises p geht die Ellipse in den um Ω beschriebenen Kreis p über. Betrachten wir in Fig. 2 den Kreis π als Teilkreis eines innen verzahnten, festen Radkranzes, ferner den rollenden Kreis p als Teilkreis eines Zahnrades p, welches in den festen Radkranz eingreift; ist ΩM ein um die feste Axe Ω rotirender Arm, in welchem die Axe M des Zahnrades p gelagert ist, dann wird bei Umdrehung des Armes der Punkt A des Zahnrades p auf dem Durchmesser A_0A^0 des Kreises π hin- und hergehen. Eine Stange s, die auf einem in A an dem Zahrade p befestigten Zapfen drehbar gehängt ist und in einer festen Hülse H gleitet, wird während der Umdrehung des Armes ΩM hin- und herbewegt. Diese geradlinige Bewegung, welche bei der König-Bauer'schen Buchdruck-Schnellpresse [4] angewendet ist, wird hypocykloidische Geradführung genannt.

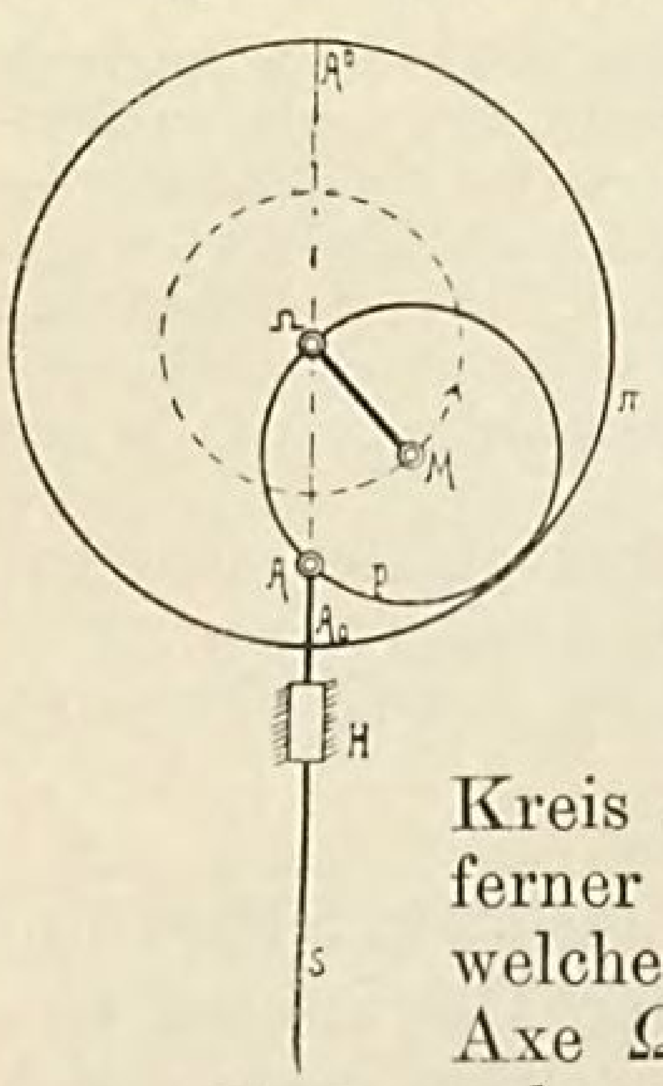


Fig. 2.

Litteratur: [1] Cardanus, Opus novum de proportionibus numerorum, motuum etc., Basil. 1570, prop. 173, p. 186. — [2] Reuleaux, Kinematik, Braunschweig 1875, S. 124. — [3] Memoires de l'Académie, Paris 1706, p. 351. — [4] Hülsse, Allgem. Maschinen-Encyklopädie, Leipzig 1844, Bd. 2, S. 772.

Burmester.

Cardanisches Gelenk. In Fig. 1 ist in der am meisten vorkommenden Gestaltung ein Cardanisches Gelenk dargestellt. An einem Ring R sind in rechtwinkeligen Durchmessern die vier Zapfen $AA'BB'$ befestigt, so dass AA' und BB' zwei rechtwinkelige Axen bilden. Die Axe AA' ist in dem Bügel a gelagert, der sich mit der im festen Lager $\mathfrak{A}$ befindlichen Welle dreht; die Axe BB' ist in dem Bügel b gelagert, der sich mit der im festen Lager $\mathfrak{B}$ befindlichen Welle dreht, und die Wellenaxen $\mathfrak{a}, \mathfrak{b}$ schneiden sich in dem Mittelpunkt O des Ringes R. Wenn die eine Welle gleichförmig gedreht wird, so dreht sich durch diese gelenkige Verbindung auch die andere Welle, aber nicht gleichförmig, und es wird demnach durch das Cardanische Gelenk bei zwei sich

schneidenden Wellenaxen eine Drehung von einer Welle auf eine andere übertragen. Werden die Axen AA', BB' in der Kreuzform $AA'BB'$ als Zwischenglied hergestellt, so wird durch dieses Glied der Ring R ersetzt und kann weggelassen werden. In theoretischer Hinsicht gestaltet sich das Cardanische Gelenk einfacher, wenn wir das kreuzförmige Glied durch ein winkelförmiges Glied AOB oder durch das Viertelstück AB des Ringes R ersetzen und von jedem Bügel nur den einen Arm verwenden, in welchem resp. die Axen OA, OB gelagert sind.

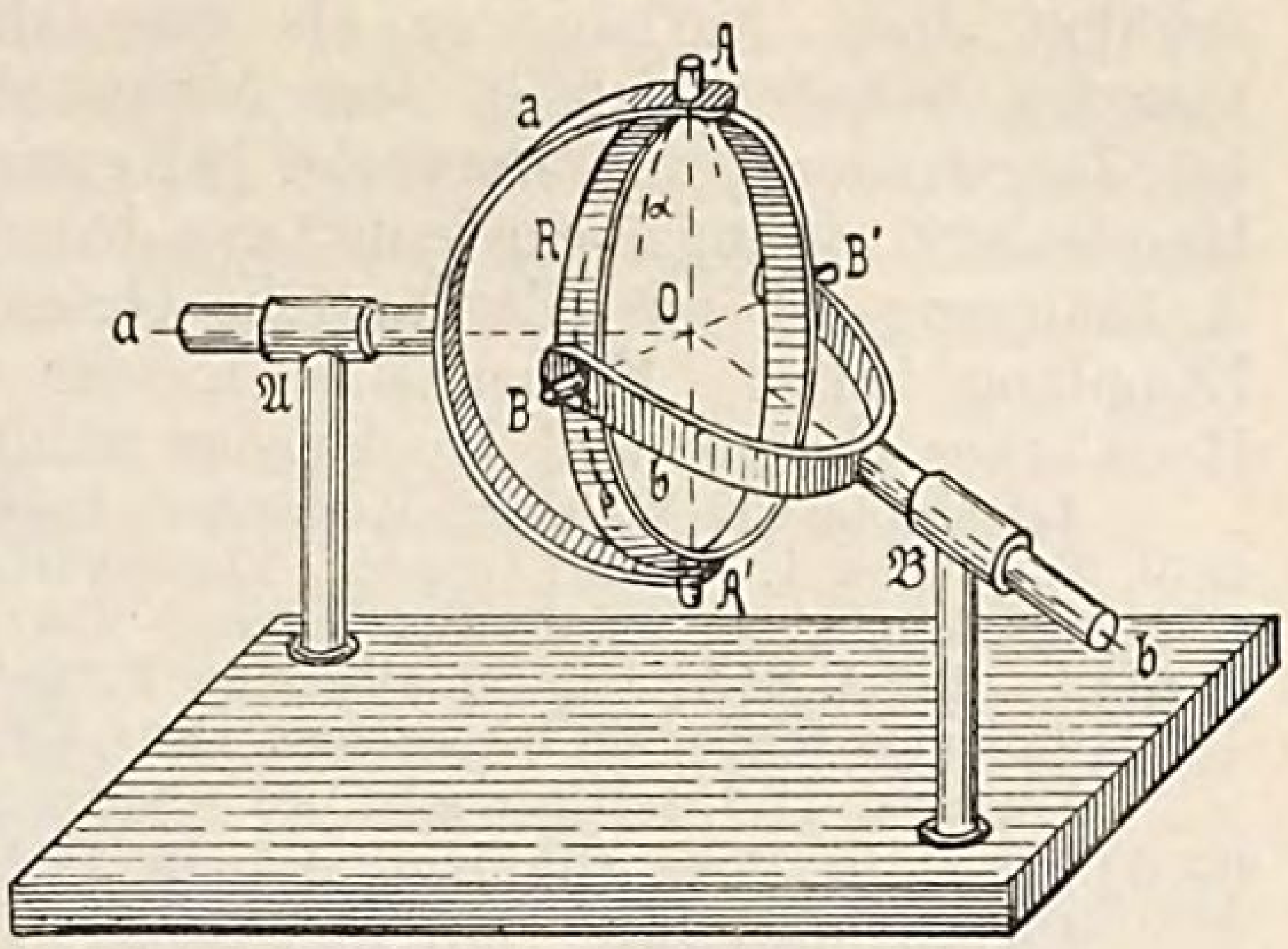


Fig. 1.

Um den Drehungsvorgang der Wellen zu veranschaulichen, denken wir uns um den Punkt O als Mittelpunkt eine Kugelfläche, welche die Axen OA, OB in den Punkten A, B schneidet; dann bewegen sich die durch den Viertelbogen AB eines grössten Kugelkreises verbundenen Punkte A, B resp. auf den grössten Kugelkreisen α, β, deren Ebenen resp. auf den Wellenaxen $\mathfrak{a}$, $\mathfrak{b}$ senkrecht sind. Ist in Fig. 2 der grösste Kugelkreis β, auf welchem sich der Punkt B bewegt, in wahrer Grösse und der grösste Kugelkreis α, auf welchem sich der Punkt A bewegt, durch eine Ellipse α_1 in senkrechter Projektion dargestellt, dann wird die im Kugelmittelpunkt O auf OB senkrechte Ebene durch eine Gerade OU dargestellt, welche einerseits die Ellipse α_1 im Punkt A_1 und den Kreis β im Punkt B' schneidet; und dieser Punkt B' bewegt sich auf dem Kreise β ebenso wie der Punkt B, weil der Bogen AB oder der Winkel $A_1OB = 90^0$ konstant ist. Denken wir uns den Kreis α um den Durchmesser B^0D gedreht, so dass derselbe mit dem Kreise β zusammenfällt, und ziehen wir A_1A' senkrecht zu B^0D, dann gelangt der Punkt A, dessen Projektion A_1 ist, nach A'. Rotirt also der Punkt B' von B^0 ausgehend auf dem Kreise β; wird demnach die Welle $\mathfrak{b}$, welche auf der Ebene des Kreises β senkrecht ist, um den Winkel $B^0OB' = w_b$ gedreht, so dreht sich die Welle $\mathfrak{a}$, welche auf der Ebene des Kreises α senkrecht ist, um einen Winkel von der Grösse $B^0OA' = w_a$.

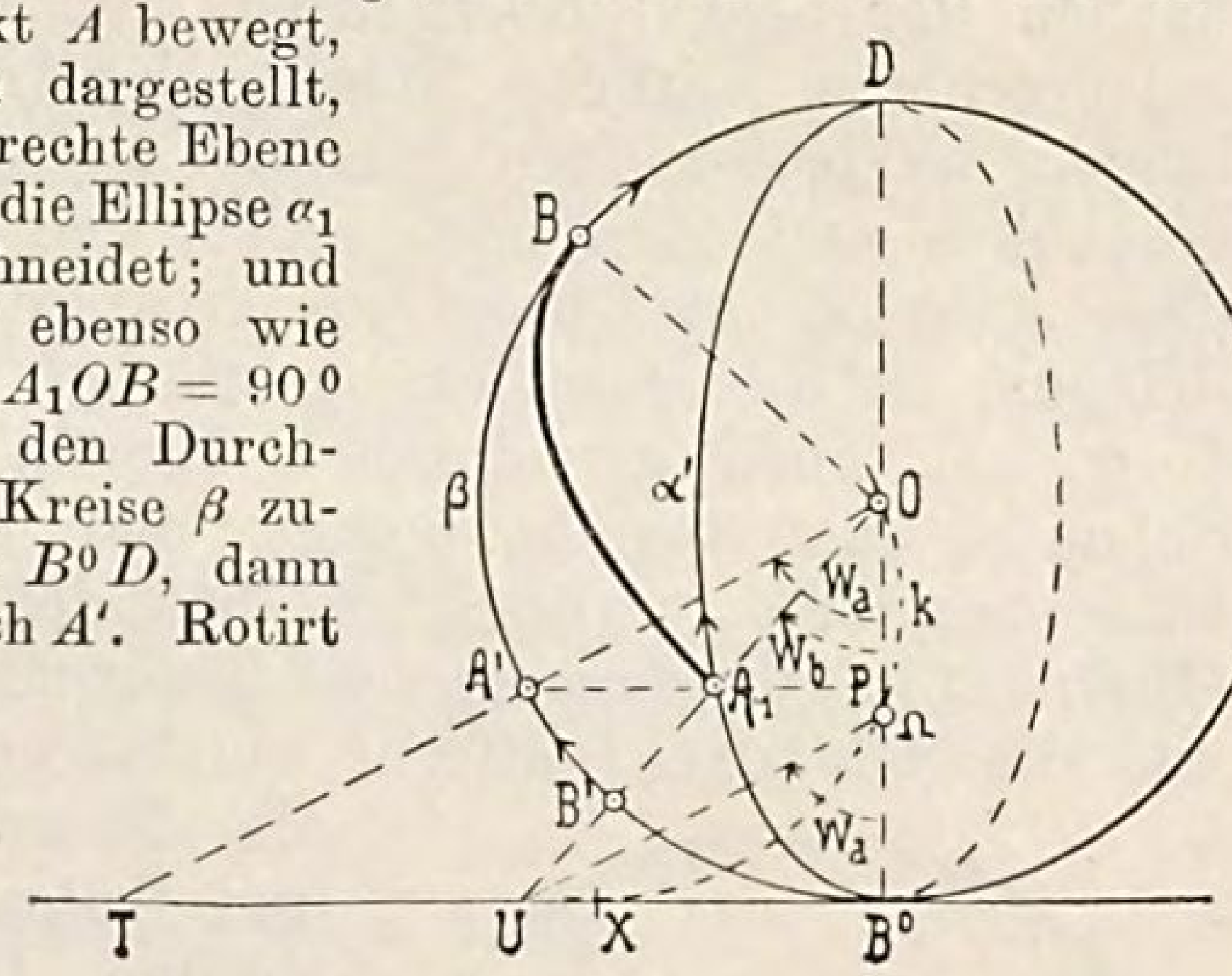


Fig. 2.

Bezeichnet c den Winkel, welchen die Wellenaxen einschliessen, oder den gleichen Winkel, den die Kreisebene α mit der Kreisebene β bildet, und ist P der Fusspunkt, der auf B^0D Senkrechten $A'A_1$, so ergibt sich: $\cos c = A_1P : A'P$. Bezeichnen T, U die Schnittpunkte, welche die Geraden OA', OB' mit der auf B^0D Senkrechten B^0T bilden; ziehen wir zu TO die Parallele $U\Omega$, bis an B^0D, dann ist der Winkel $B^0\Omega U = w_a$, und

$$\frac{\Omega B^0}{OB^0} = \frac{UB^0}{TB^0} = \frac{A_1P}{A'P} = \cos c.$$

Wird auf OB^0 der Punkt Ω so bestimmt, dass $\Omega B^0 : OB^0 = \cos c$ ist, dann entspricht einem Drehungswinkel $B^0\Omega U = w_a$ der Welle $\mathfrak{a}$ der Drehungswinkel $B^0OU = w_b$ der Welle $\mathfrak{b}$ und umgekehrt. Konstruiren wir den Kreis k, der durch die Punkte $O\Omega$ geht und die Gerade B^0T in einem Punkt X berührt, dann ergeben sich durch OX, ΩX die Drehungswinkel B^0OX, $B^0\Omega X$, bei denen die Winkeldifferenz $w_a - w_b$ am grössten ist; und der Symmetrie entsprechend treten vier solche Lagen während einer Umdrehung der Wellen auf. Durch diese graphische Beziehung wird der Drehungsvorgang der beiden Wellen am einfachsten veranschaulicht. Ferner ergibt sich, weil $\tan w_a = \frac{B^0U}{\Omega B^0}$, $\tan w_b = \frac{B^0U}{OB^0}$, $\cos c = \frac{\Omega B^0}{OB^0}$ ist, die Gleichung $\frac{\tan w_b}{\tan w_a} = \cos c.$

Wenn die eine Welle sich gleichförmig dreht, so vergrössert sich hiernach die Ungleichförmigkeit der Drehung der anderen Welle mit der Vergrösserung des konstanten Winkels c bis 90^0, und beide Drehungen sind nur dann gleich, wenn $c = o$, die Wellenaxen also in einer Geraden liegen. Die Vergrösserung des Winkels c ist aber durch die praktische Ausführung und Verwendung beschränkt und kann in der Regel 30^0 nicht überschreiten. — Um das veränderliche Verhältnis der Drehgeschwindigkeiten v_a, v_b der beiden Wellen $\mathfrak{a}$, $\mathfrak{b}$ zu erhalten, differenziren wir jene Gleichung und es ergibt sich

$$\frac{d\,w_b}{\cos^2 w_b} = \cos c\,\frac{d\,w_a}{\cos^2 w_a}.\quad \text{Demnach ist}\quad \frac{v_b}{v_a} = \frac{d\,w_b}{d\,w_a} = \frac{\cos c \,.\, \cos^2 w_b}{\cos^2 w_a} = \frac{\cos c}{1 - \sin^2 c \,.\, \sin^2 w_a}.$$

Dieses Verhältnis erreicht für $\sin w_a = \pm 1$ seinen grössten Wert $1 : \cos c$ und für $w_a = o$ seinen kleinsten Wert $\cos c$ [1].

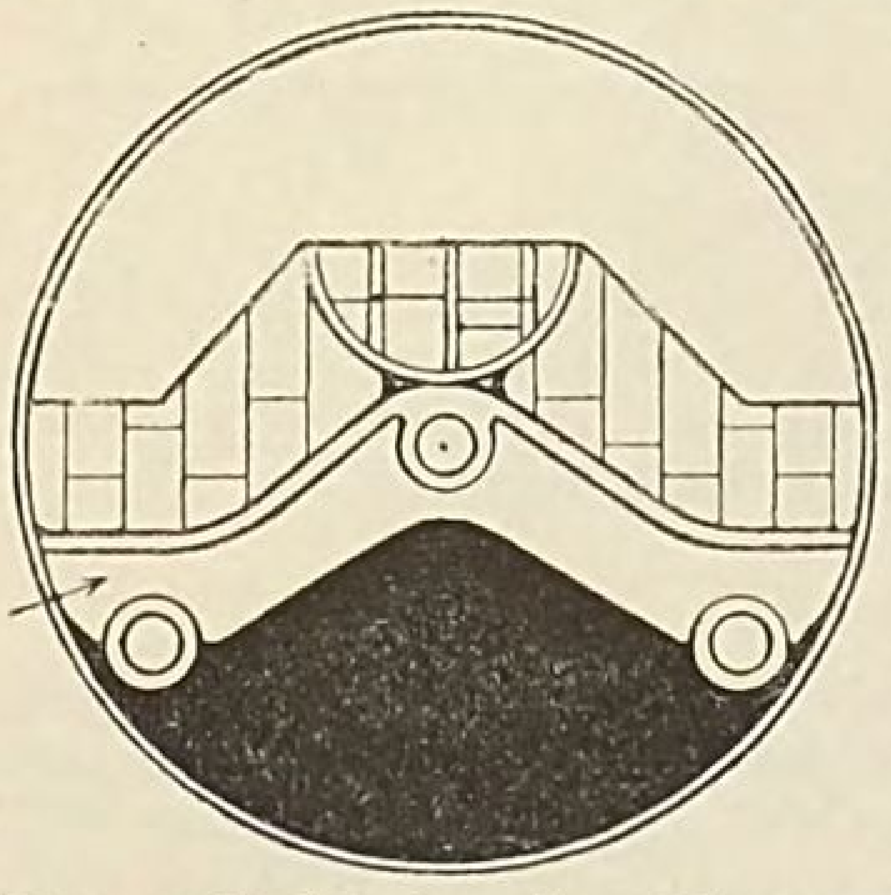
Betrachten wir in Fig. 1 das Bügelglied $\mathfrak{b}\mathfrak{b}$ als fest, das Bügelglied $\mathfrak{a}\mathfrak{a}$ aus dem Lager $\mathfrak{A}$ genommen und als frei herabhängend, dann erhalten wir die

sogen. Cardanische Aufhängung (vergl. Aufhängung, Bd. 1, S. 538), der man diesen Namen mit Unrecht gegeben hat, denn Cardano [2] selbst erwähnt diese Aufhängung als eine alte bekannte Vorrichtung. Diese Aufhängung befindet sich in dem Album von Villard de Honnecourt [3] aus dem 13. Jahrhundert; und Berthelot [4] erwähnt das Vorkommen derselben in einer Handschrift „Mappae clavicula" aus dem 12. Jahrhundert. Nach der Cardanischen Aufhängung ist das Cardanische Gelenk benannt, welches auch Cardanische Kupplung heisst. Ferner sind hierfür auch die Benennungen Universalgelenk, Hook'sches Gelenk und Hook'scher Schlüssel gebräuchlich.

Litteratur: [1] Weisbach-Herrmann, Ingenieur- und Maschinenmechanik, Braunschweig 1876, T. 3, Abt. 1, S. 146; Grashof, Theoretische Maschinenlehre, Leipzig 1883, Bd. 2, S. 157. — [2] Cardanus, De subtilitate, Lugduni 1554; Lib. XVII, De artibus artificiosisque rebus, p. 611. — [3] J. B. A. Lassus, Album de Villard de Honnecourt, Paris 1858, p. 10, planche 16. — [4] Comptes rendus de l'Académie, Paris 1890, C. 11, p. 940.
Burmester.

Carga, Handelsgewicht im spanischen Amerika (in Peru und Chile) gleich 69,014 kg; in Peru für Reis gleich 172,535 kg.

Cariofeuerung, die Feuerung nach dem Patent Cario, ist durch einen eigenartigen zweiteiligen Rost gekennzeichnet. Derselbe besteht aus zwei Reihen von Stäben, welche auf drei in der Stirnwand des Feuerherds und in der Feuerbrücke befestigten Balken oder Röhren derart aufgelagert sind, dass die Oberflächen der beiden Rosthälften eine dem Böschungswinkel des Brennmaterials entsprechende seitliche Neigung besitzen. Der Brennstoff wird mit Hilfe einer langen muldenförmigen Schaufel aufgegeben, welche über den First des Rostes geschoben und dann nach rechts und links umgekippt wird. Um zu verhindern, dass während des Chargirens grössere Mengen kalter Luft in den Feuerherd eindringen, ist die Beschickungsöffnung mit einer zweiteiligen Thüre verschlossen, deren um einen gemeinsamen Zapfen pendelnde Hälften beim Einschieben der Schaufel aus einander gehen und beim Herausnehmen derselben selbstthätig zusammenfallen. Ausserdem befinden sich an der Stirnseite des Rostes mit Glimmerplatten verschlossene Thüröffnungen, durch welche das Feuer beobachtet und die Schlacken entfernt werden können. Die Cariofeuerung eignet sich für



alle festen Brennstoffe und kann sowohl als Vor- und Unter-, wie auch als Innenfeuerung angeordnet werden. Die nebenstehende Figur stellt einen Querschnitt durch das Flammrohr eines mit Cariofeuerung versehenen Cornwallkessels dar. Die Cariofeuerung erlaubt eine gleichförmige, mit nur wenig Rauchentwicklung verbundene Verbrennung, was sich dadurch erklärt, dass der frisch aufgegebene Brennstoff nicht — wie auf dem gewöhnlichen Planrost — sofort den glühenden überdeckt, sondern die Temperatur des Feuerherds annehmen kann, bevor er nach unten gelangt. Als Nachteil wird dagegen namentlich die Unmöglichkeit, das Feuer vorübergehend erheblich zu forciren, bezeichnet. Die Cariofeuerung ist an verschiedenen Orten, insbesondere für Dampfkessl, von der Firma Otto Thost, Zwickau i. S., ausgeführt worden. *C. Häussermann.*

Carmonin, s. Zinnober-Ersatz.

Carnallit, natürliches, wasserhaltiges Chlor-Magnesium-Kalium = $Cl_3MgK + 6H_2O$ (26,8 % KCl, 34,2 % $MgCl_2$, 39,0 % H_2O) nebst wenig $NaCl$; kristallisirt rhombisch; meist derb und grosskörnig; in reinem Zustand farblos, sonst grau oder durch Eisenglanzschüppchen rot gefärbt; durchscheinend bis durchsichtig; Bruch muschelig. Härte 1—2; spez. Gew. 1,6. Schmilzt vor dem Lötrohr leicht; zerfliesst an der Luft; löst sich leicht in Wasser, indem er sich in Chlorkalium und Chlormagnesium zersetzt. Bildet einen Hauptbestandteil der Abraumsalze (Stassfurt, Leopoldshall bei Magdeburg, Kalusz in Galizien) und wird in grossen Mengen gewonnen und als Düngemittel und in der chemischen Industrie (Kalipräparate) verwendet. Preis: roh und lose per 50 kg 0,50 ℳ. in Wagenladungen ab Werk. — Aehnlich beschaffen ist der Tachyhydrit, wasserhaltiges Chlor-Magnesium-Calcium = $Cl_6Mg_2Ca + 12H_2O$ (36,8 % Cl_2Mg, 21,4 %

$Cl_2 Ca$, 41,8% H_2O, kristallisirt rhomboëdrisch, bildet Knollen in Anhydritlagern, zerfliesst sehr leicht an der Luft. *Leppla.*

Carnat, s. v. w. rotes Steinmark, s. Kaolin.

Carnaubafirnis, zur Herstellung mattglänzender Ueberzüge für verschiedene Materialien, namentlich Papier, wird erhalten durch Verseifen von Carnaubawachs mit Kalilösung, Ausfällen der Lösung mit der Lösung eines Metallsalzes und Lösen des Niederschlages in Benzin, Terpentinöl oder ähnlichen flüchtigen Lösungsmitteln. *Andés.*

Carne pura, s. Konservirung.

Carnot-Clausius'sches Theorem, s. Clausius'scher Grundsatz.

Carnot'sche Funktion. Sadi Carnot hatte 1824 geschlossen, dass das Maximum der aus einer Wärmemenge Q zwischen der höchsten Temperatur t und der tiefsten Temperatur t' erreichbaren äusseren Arbeit (s. d. und Kreisprozess) sei:

$$L = QF(t, t'), \qquad 1.$$

worin $F(t, t')$ eine von der Körperart unabhängige Funktion der Grenztemperaturen t, t' bedeutet [1], S. 28, 38. Für den Fall $t - t' = dt$ wird demnach

$$dL = Qf(t)\,dt. \qquad 2.$$

Den hierin auftretenden Wert

$$C = \frac{1}{f(t)}, \qquad 3.$$

welcher auch in anderen Beziehungen eintrat, hat man in der Folge häufig (nach W. Thomson [5], S. 187) die Carnot'sche Funktion genannt. Clapeyron berechnete ihren Zahlenwert 1834 für eine Anzahl Temperaturen aus den Verhältnissen von atmosphärischer Luft und einiger Dämpfe [2], S. 576, worauf 1847 Helmholtz durch Vergleichung einer von Clapeyron ([2], S. 463) gegebenen Formel für Gase mit einer 1845 von Holtzmann erhaltenen ([3], S. 9) schloss, dass

$$C = AT \qquad 4.$$

sei ([3], S. 36), unter $T = a + t$ die absolute Temperatur (s. d.) unter $1 : A$ das mechanische Wärmeäquivalent verstanden. Vergl. Clapeyron'sche Gleichung. Die Gleichung 1. lässt sich jetzt wie zuerst 1851 W. Thomson zeigte ([5], p. 200), in der Form schreiben:

$$L = \frac{Q}{AT}(T - T'), \qquad 5.$$

worin auch $t - t'$ an Stelle von $T - T'$ gesetzt werden kann.

Litteratur: [1] Carnot, Reflexions sur la puissance motrice du feu, Paris 1824. — [2] Clapeyron, Ueber die bewegende Kraft der Wärme, Annalen der Physik und Chemie 1843, IL, S. 446, 566 (nach dem Journal de l'école polytechnique 1834, XIV, p. 170). — [3] Holtzmann, Ueber die Wärme und Elastizität der Gase und Dämpfe, Mannheim 1845. — [4] Helmholtz, Die Erhaltung der Kraft, Berlin 1847. — [5] W. Thomson, Mathematical and physical papers I, Cambridge 1882, p. 174 (On the dynamical theory of heat etc., nach Transactions of the Royal Society of Edinburg, March 1851). *Weyrauch.*

Carnot'scher Kreisprozess, s. Kreisprozess.

Carobinkaffee, s. Kaffeesurrogate.

Carpenter-Bremse ist eine Luftdruckbremse, bei welcher der Bremscylinder mit dem Hilfsbehälter aus einem Stücke besteht. Eine an der Lokomotive befindliche Druckpumpe presst die Luft zunächst in einen Hauptbehälter und stellt hier einen Druck von 6 Atm. Ueberdruck her. Aus diesem Hauptbehälter wird die Luft durch die Druckleitung unter den Wagen des Zuges fortgeleitet und in die Bremscylinder gelassen, wo sie in den Raum vor den Bremskolben tritt. Sie drückt diesen Kolben zurück, indem sie die Bremse löst, und vermag in der Endstellung durch die in der Cylinderwandung angebrachten Nuten in den Hilfsbehälter hinter den Kolben zu treten, so dass der Druck vor und hinter dem Kolben gleich gross ausfällt. Druckleitung, Bremscylinder und Hilfsbehälter erhalten hierbei einen Ueberdruck von etwa 4 Atm. Sobald man nun Luft aus Druckleitung entweichen lässt, entsteht in dem Hilfsbehälter ein Ueberdruck, welcher den Kolben vorwärts treibt und dabei die Bremse anzieht. Die Stopfbüchse der Kolbenstange liegt hier auf der Seite des Hilfsbehälters und gibt leicht zu Undichtigkeiten Veranlassung. Dieser Nachteil macht sich besonders dann geltend, wenn es darauf ankommt, auf längerem Gefälle anhaltend zu bremsen, weil der Ueberdruck im Hilfsbehälter infolge der Undichtigkeit abnehmen und dadurch die Bremskraft sich vermindern muss. —

Der Weg des Kolbens ist klein und macht deshalb eine selbstthätige Nachstellvorrichtung der Bremsklötze nötig. Da die Luft an beliebiger Stelle der Luftleitung aus einem Lufthahn abgelassen werden kann, so kann auch die Bremsung des Zuges von jeder solchen Stelle aus herbeigeführt werden. Auch wird eine Zugtrennung stets ein Bremsen des Zuges zur Folge haben. Die Carpenter-Bremse hat besonders auf den preussischen Staatsbahnen grosse Verbreitung gefunden. *Alb. Frank.*

Carragheenmoos, s. Appretmittel.

Carrara, eine Art unglasirtes Porzellan (Biscuit), welches zur Herstellung von Kunstwerken benützt wird. S. Porzellan.

Carrarischer Marmor, s. Kalkstein.

Carrés Absorptionsmaschine, s. Kälteerzeugungsmaschinen.

Carrs Desintegrator, s. Mühlen.

Cartesianischer Teufel (Cartesianischer Taucher), ein niedlicher Apparat der physikalischen Kabinette, nicht von Descartes, dem die Erfindung fälschlich zugeschrieben wird, sondern von Raphael Magiotti de Montevarchi erfunden [1].

Ein hohler Glaskörper mit feiner Oeffnung schwimmt im Wasser eines nicht ganz gefüllten Stehglases, welches oben mit elastischer Membran geschlossen ist, so dass der Taucher gerade bis zur Oberflächenhaut des Wassers oder wenig höher reicht. Ein schwacher Druck des Fingers auf die Membran erhöht den Druck der eingeschlossenen Luft über dem Wasser und damit zugleich den Druck des Wassers auf die Luft im Innern des Tauchers, deren Volum sich dadurch vermindert. Infolge der hierdurch bewirkten Verminderung des Auftriebs sinkt der Taucher, um beim Nachlassen des Fingerdrucks wieder zu steigen. Unterhalb einer gewissen Tiefe bewirkt der hydrostatische Druck des Wassers auch ohne Fingerdruck eine hinreichende Volumverminderung des Tauchers, um ihn definitiv zum Sinken zu bringen. Eine eingehende Theorie des Cartesianischen Tauchers und der Funktion der Fischblase findet sich in [2].

Litteratur: [1] Heller, Geschichte der Physik, Stuttgart 1884, II, S. 62. — [2] Liebreich, in der dritten Abhandlung über den toten Raum bei chemischen Reaktionen, Zeitschrift für physik. Chemie, 8, 1, S. 83—104, 1891. *Aug. Schmidt.*

Cartesische Koordinaten, s. Koordinaten.

Carthamin, s. Safflorextrakt.

Carthaminextrakt (Carthamintinktur) ist eine Auflösung des reinen Safflorrots in sehr wenig kohlensaurem Ammoniak, dem man in geringer Menge Schwefelammonium hinzufügt; muss in gut verschlossenen Flaschen im Dunkeln aufbewahrt werden. *Andés.*

Carthamintinktur, s. Carthaminextrakt.

Carvacrol, eine zu den Phenolen gehörige organische Verbindung der Zusammensetzung $C_{10}H_{14}O$. Isomer mit dem Carvacrol sind Thymol und Carvol, Verbindungen, wegen ihres Vorkommens in ätherischen Oelen ebenfalls von Bedeutung. Während das Thymol das isomere Phenol (mit der OH-Gruppe in 3-Stellung) darstellt, ist das im Kümmelöl enthaltene Carvol ein Keton, welches in seinem Verhalten an den Kampfer $C_{10}H_{16}O$ erinnert und unter geeigneten Bedingungen in Carvacrol übergeht. Das Carvacrol bildet ein dickes, in starker Kälte erstarrendes und bei 236° siedendes Oel von eigentümlichem, beim Erhitzen stechendem Geruch und kommt im Quendelöl, Pfefferkrautöl, Spanisch-Hopfenöl u. a. m. vor, aus welchen es leicht abgeschieden werden kann [1]. — Aus dem Carvol entsteht es beim Erhitzen mit glasiger Phosphorsäure [2] oder durch Erhitzen des Carvolchlorhydrates mit Chlorzink oder ähnlich wirkenden Chloriden [3]. Auch auf synthetischem Weg ist das Carvacrol erhalten worden [4]. Das Carvacrol kann als Antisepticum Anwendung finden; auch lässt sich daraus durch Ueberführung in die Monosulfosäure und entsprechende weitere Umformung derselben leicht der Hydrothymochinondimethyläther gewinnen, welcher den Hauptbestandteil des bekannten Arnicaöles ausmacht [5].

Litteratur: [1] Jahns, Berichte der deutschen chem. Gesellsch., 15, 816; Haller, Comptes rendus 94, 132. — [2] Kekulé und Fleischer, ebenda, 6, 1087; Lustig, ebenda, 19, 11. — [3] A. Reychler, Brüssel, D. R. P. 64426; Bull. Soc. chim. de Paris [3], 7, 31—34. — [4] Jacobsen, Berichte der deutschen chem. Gesellsch., 11, 1060. — [5] Reychler, Bulletin Soc. chim. de Paris [3] 7, 34—36. *W. Kerp.*

Casselerblau, s. Mineralblau.

Casselerbraun, Kesselbraun, braune, lasirende, in Oel und Wasser gleich vorteilhaft verwendbare Farbe, die nichts als eine Art zerfallener, feinerdiger

Braunkohle ist. Wo das Material schon feinerdig vorkommt, ist eine Mahlung überflüssig; ist es aber mit grösseren oder kleineren Stücken vermengt oder finden sich unzersetzte Holzteile in demselben, so muss es gesiebt, gemahlen und geschlämmt werden. Die Farbe löst sich beim Kochen mit kohlensauren und ätzenden Alkalien mehr oder weniger vollständig auf und liefert dann schön braune, lichtbeständige Holzbeizen; wird die Lösung bis zum Trocknen eingedampft und dann grob gemahlen, so erhält man die Körnerbeize des Handels. *Andés.*

Casselergelb, Mengel, Montpelliergelb, Turnersgelb, Turnesergelb, auch Mineralgelb genannt, von rein zitrongelber Farbe, früher viel gebraucht, jetzt seltener mehr dargestellt und verwendet, besteht aus Bleioxyd-Chlorblei (s. Bleioxychlorid), ist als Oel- und Wasserfarbe, als Schmelzfarbe und zum Tapetendruck geeignet und wird ebenso wie alle anderen Bleifarben in schwefelwasserstoffhaltiger Luft missfarbig. Früher benützte man zur Darstellung Massicot oder Bleiweiss, jetzt stellt man es ausschliesslich aus gemahlener Bleiglätte durch Erhitzen (Glühen) mit Salmiak 7 : 1, Ausgiessen in Formen und Mahlen her. Die in Formen gegossene Masse ist strahlig, kristallinisch im Bruch, das Pulver hell zitrongelb; die Farbe löst sich in verdünnter Salpetersäure und in konzentrirter Kali- und Natronlauge zu farblosen Flüssigkeiten auf, wodurch sie sich leicht von Chrom- und Zinkgelb unterscheidet. *Andés.*

Casselergrün, s. Schweinfurtergrün.

Casselerschwarz, s. Rebenschwarz.

Casselmanns Grün, in Bezug auf Lebhaftigkeit dem Schweinfurtergrün am nächsten kommend, besteht aus einer Verbindung von schwefelsaurem Kupferoxyd mit Kupferoxydhydrat und Wasser, $CuSO_4 + 3\,Cu\,(H_2O_2) + 4\,H_2O_1$, wird am einfachsten aus 4 Aequiv. Kupfervitriol in Wasser gelöst und einer Lösung von 3 Aequiv. Natriumacetat erhalten. Die Farbe fällt am schönsten aus, wenn die Lösungen bei etwa 100° C. zusammengebracht werden und man den Niederschlag noch mit sehr schwacher Natronlauge behandelt. *Andés.*

Cassianer Schichten werden im Bereich der alpinen Triasformation nach ihrem Vorkommen bei St. Cassian in Südtirol bekannte, dem untern Keuper entsprechende Schichten genannt, welche über den Wengener Schichten lagern, aus Mergel und Kalken bestehen und eine überaus reiche Tierwelt (Cephalopoden, Gastropoden u. s. w.) führen. *Leppla.*

Cassiaöl, s. Zimtöl.

Cassiarinde, s. Zimt.

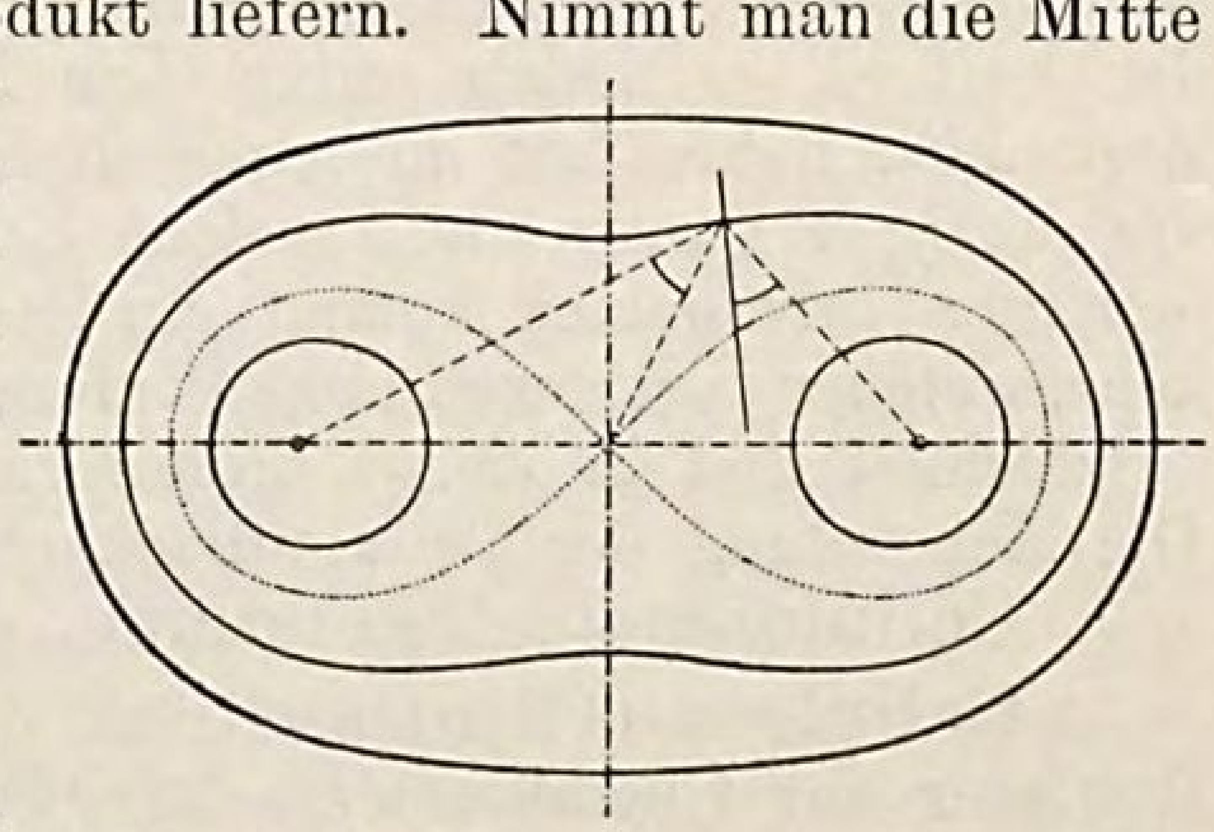
Cassinet, s. Weberei.

Cassini'sche Kurven (Cassini'sche Ovale). Eine solche ist der Ort eines Punktes, dessen Entfernungen von zwei gegebenen festen Punkten, den sogen. Brennpunkten der Kurve, ein konstantes Produkt liefern. Nimmt man die Mitte zwischen den Brennpunkten, deren Entfernung $2a$ sein möge, zum Ursprung, ihre Verbindungslinie zur x-Axe eines rechtwinkeligen Koordinatensystems und bezeichnet man mit c^2 jenes konstante Produkt, so wird die Gleichung der Kurve

$$(x^2 + y^2)^2 - 2\,a^2(x^2 - y^2) + a^4 - c^4 = 0,$$

oder in Polarkoordinaten r, φ

$$r^4 - 2\,a^2 r^2 \cos 2\varphi + a^4 - c^4 = 0.$$



Die Kurve ist zu beiden Axen symmetrisch (hat also einen Mittelpunkt im Ursprung) und besteht entweder aus zwei getrennten Ovalen oder einem einzigen geschlossenen Zuge, je nachdem $c < a$ oder $c > a$ ist. In dem Uebergangsfall (in der Figur punktirt) $c = a$ heisst sie Lemniscate. Die Normale der Kurve in irgend einem Punkt bildet mit einem der beiden Brennstrahlen denselben Winkel, wie der andere Brennstrahl mit der Linie von jenem Punkt nach dem Mittelpunkt der Kurve. *Mehmke.*

Castel'sches Wehr, s. Wassermessung.

Castorgarne, s. Kammgarnspinnerei.

Castorine, s. Weberei.

Casus irreducibilis, s. Gleichungen.

Cathedra, der bischöfliche Stuhl; daher heisst eine Kirche, in welcher eine Cathedra steht und welche die Hauptkirche eines Bistums ist, eine Cathedrale oder Cathedralkirche.

Cattakelage, s. Besegelung.

Cavalier, in der Befestigungskunst, s. Festungsbau.

Cayley'sche Kurve einer ebenen algebraischen Kurve beliebiger Ordnung wird die Enveloppe der gemeinschaftlichen Tangenten von je zwei sich berührenden ersten Polaren der gegebenen Kurve oder, was dasselbe ist, die Enveloppe der Verbindungslinien je zweier entsprechenden Punkte ihrer Hesse'schen und Steiner'schen Kurve genannt.

Litteratur: G. Salmon-W. Fiedler, Analyt. Geometrie der höheren ebenen Kurven, 2. Aufl., Leipzig 1882, Art. 178 ff., 382. — J. G. Hagen, Synopsis der höheren Mathematik, Bd. 2, S. 201. *Mehmke.*

cbm, amtliche Abkürzung für Kubikmeter.

ccm, amtliche Abkürzung für Kubikzentimeter; in der chemischen Litteratur ist cc gebräuchlicher.

Cd, chemisches Zeichen für Kadmium.

C/D, s. AAAA und Kammgarnspinnerei.

Ce, chemisches Zeichen für Cerium.

Cedrelaholz, s. Nutzhölzer.

Ceibawolle, s. Polstermaterialien.

Celerimensura, s. Tachymetrie.

Cella, in der griechischen Baukunst der Hauptraum des Tempels, auch Naos genannt; er ist das Allerheiligste und enthält das verehrte Götterbild. Zumeist hat er noch einen Vorraum, den Pronaos, und pflegt ringsum von Säulen umgeben zu sein (s. Griechischer Baustil).

Celloidin, Celloidinpapier, s. Photographie.

Celluloïd, s. Cellulose und Photographie.

Celluloidfolien, s. Photographie.

Celluloidlacke, Lösungen von Pyroxylin mit Kampfer oder von Celluloid in Aceton, Amylacetat, Aether, absolutem Alkohol, bilden farblose, klare Flüssigkeiten, welche, auf nicht aufsaugende Flächen gegossen, ein äusserst dünnes Häutchen von Celluloid zurücklassen, welches die behandelten Gegenstände vor äusseren Einflüssen, Metalle aber namentlich vor dem Anlaufen und Oxydiren schützt. Die Celluloidlacke, welche eine ausgedehntere Anwendung auf alle Materialien gestatten, weil sie den Charakter derselben in keiner Weise verändern — aufsaugende Stoffe, wie Holz, Leder, Leinwand u. s. w. bleiben matt oder in ihrem ursprünglichen Zustande, der Glanz der Metalle wird in keiner Weise beeinträchtigt, wie dies bei allen anderen Lacken infolge der dicken Schichte der Fall ist — finden unter dem Namen Brassoline, Kristalline, Viktorialack, Zaponlack heute fast ausschliesslich Anwendung auf blanke Metalle, weil sie die einzigen Lacke sind, welche kein Farbenspiel hervorrufen. Unter der Benennung Galvanolack kommt ein Celluloidlack mit Metallpulver gemischt in Verkehr, welcher sich durch hohe Widerstandsfähigkeit gegen atmosphärische Einflüsse auszeichnet und in vielen Fällen galvanische Niederschläge zu ersetzen vermag. Die Herstellung der Celluloidlacke bildet eine Spezialität nur weniger Fabriken. *Andés.*

Celluloidschmirgelsteine, s. Schmirgel.

Cellulose (Pflanzenzellstoff, Zellmembranstoff der Physiologen, Holzfaser, Rohfaser der Chemiker) ist der Hauptbestandteil der pflanzlichen Zellwand — also gewissermassen der Baustoff für das Gerüste der Pflanzen; ausserdem lässt sich noch eine sogen. Reservecellulose unterscheiden, welche meistens mächtige Verdickungsschichten der Zellwand bildet und im Gewebe vieler Palmensamen (Arecanuss, vegetabilisches Elfenbein, Tahitinuss, Dattelkern), der Kaffeebohne, der Brechnuss, beobachtet werden kann. Die Membranen der Pilzzellen sind hingegen von einer besonderen Modifikation, der Pilzcellulose, gebildet. Cellulose oder ein höchst nahestehender Körper ist auch im Tierreich gefunden worden. Der Mantel der Tunicaten und das Ectoscelet der Arthropoden enthalten (letzteres neben Chitin) Cellulose.

Es scheint, dass das chemische Individuum Cellulose, welches durch die Formel $C_6H_{10}O_5$ (gleich der Stärkeformel, nach Payen) oder $C_{12}H_{20}O_{10}$ (nach Mitscherlich und Gerhardt) [28] oder $(C_6H_{10}O_5)x$ (nach E. Schulze) [29], mit dem spez. Gew. 1,63 (nach Henze [20]) oder 1,56—1,57 (nach Sachs und Hartig) ausgedrückt wird, überhaupt niemals für sich allein die Pflanzenzellmembran bildet, sondern dass die Zellwand (nach Wiesner [3], Tschirch [1], [2] E. Schulze, Gilson) viel komplizirter gebaut ist, als man früher angenommen hat. Selbst jugendliche Zellmembranen enthalten organische Beimengungen oder sind von einem Veränderungsprodukt der Cellulose gebildet; in älteren sind nebst organischen auch anorganische Einlagerungen vorhanden und ausser der typischen Cellulose, die sich direkt bei der Hydrolyse in Traubenzucker überführen lässt [14], wurden sogen. Hemicellulosen nachgewiesen, deren Umwandlungsprodukte andere als die der Cellulose sind. Nach E. Schulze [29] kann man also annehmen, dass die vegetabilische Zellmembran neben den Anhydriden des Traubenzuckers (welche der typischen Cellulose angehören) noch andere Substanzen enthält, welche bei der Hydrolyse verschiedene Glycosen (Arabinose, Xylose, Galactose) ergeben. Insofern als die Beimengungen und Veränderungen der Cellulose deren chemische und physikalische Eigenschaften anders gestalten, müssen sie auch eine besondere Besprechung erfahren.

Die typische Cellulose ist unlöslich in Wasser, Alkohol, Aether, Diastaselösung (im Gegensatz zur Reservecellulose, die durch Diastase gelöst wird [31]), in kalter, verdünnter Kalilauge und in verdünnten Säuren. Durch Kupferoxydammoniak (Schweizers Reagens) wird sie zu einer blassblauen, gallertigen Masse gelöst (Baumwolle, Flachsfaser), aus der sie durch Säuren als ein farbloser, nach dem Trocknen hornigfester Niederschlag gewonnen werden kann; Gilson [15] konnte daraus Sphärokristalle darstellen. Gelöst wird sie ferner durch konzentrirte Säuren, z. B. Schwefelsäure, oder durch eine Lösung von Salzsäure und Zinkchlorid, wobei aber in der Regel die chemische Konstitution zerstört wird und als schliessliche Zersetzungsprodukte Dextrin, Zucker oder Humuskörper auftreten. In Jodlösungen färben sich Cellulosemembranen meist gelb, durch Hinzufügung von Schwefelsäure oder Phosphorsäure entsteht eine tiefblaue Färbung, die bekannteste Cellulosereaktion; auch alte, wässerige Jodlösung (Jodjodkalium), in der gewöhnlich Jodwasserstoffsäure sich gebildet hat, ruft die Blaufärbung hervor. Chlorzinkjod ist ebenfalls ein viel gebrauchtes Reagens auf Cellulose und färbt diese violett.

Für die Färbetechnik ist das Verhalten der Cellulose gegen Farbstoffe wichtig: diese werden fast gar nicht aufgenommen, und um Cellulosemembranen zu färben, „benützt man die Eigenschaft der Cellulose, durch mechanische Flächenattraktion Salze der Thonerde, des Eisen-, Chrom- und Zinnoxyds, wenn dieselben schwache Säuren enthalten, aus den Lösungen auf sich niederzuschlagen und bringt so vorbereitet (gebeizt) die Stoffe in die Farbstoffküpe. Es entstehen dann unlösliche Verbindungen der Farbstoffe mit den Metalloxyden zwischen den Micellen, bezw. Molekülen der Faser selbst“ (Tschirch [1], [2]). Mit kaustischen Alkalien behandelt, z. B. mit Natronlauge und hierauf rasch mit Wasser und verdünnter Schwefelsäure ausgewaschen, wird die Cellulose besser färbbar; dieses in der Färberei schon lange geübte Verfahren ist unter dem Namen Mercerisiren bekannt; lässt man die Alkalien länger einwirken, so quillt die Cellulose zu einer durchscheinenden Masse auf, die, mit Schwefelkohlenstoff zusammengebracht, nach mehreren Stunden in Wasser löslich, äusserst schleimig-klebrig (viscos) wird und ein Thiokarbonat darstellt, das Cross und Bevan Viscoid genannt haben; durch Kochsalz koagulirt, auf 100° erhitzt, scheidet sich Cellulose wieder in unlöslicher Form aus; in dieser Form eignet sie sich besonders zur Füllung baumwollener, leinener Stoffe und des Papieres und kann mineralische Füllstoffe ersetzen; sie lässt sich auch in eine hornartige, feste schneid- und färbbare Masse überführen, aus welcher verschiedene Gegenstände, unzerbrechliche Gefässe u. s. w. verfertigt werden können [3] bis [8].

Mit sehr schwacher Natronlauge behandelt, entsteht aus der Zellmembran Metarabinsäure [21]; stärkere Natronlauge erzeugt das sogen. Holzgummi ($C_6H_{10}O_5$) [22], das wohl nur eine lösliche Form der Cellulose darstellt [23], nach Praël (1888) aber ein Bestandteil der Zellwand ist. Konzentrirte Schwefelsäure löst die Cellulose und wandelt sie zunächst in Hydrocellulose oder Amyloid um, welches direkt von Jod blaugefärbt wird und den Hauptbestandteil des vegetabilischen Pergaments ausmacht. Die Reservecellulose (z. B. aus der Steinnuss) geht, mit Schwefelsäure behandelt, nach Reiss [24] in eine

besondere Zuckerart, Seminose genannt, über, welche aber nach E. Fischer und J. Hirschberger [26] mit Mannose identisch ist. Ganz anderer Ansicht über diesen Umwandlungsprozess sind aber E. Schulze, E. Steiger und W. Maxwell [25], [27], welche annehmen, dass die angeführten Zuckerarten nicht aus der Cellulose, sondern aus einer in der Zellmembran (insbesondere der Cotyledonen der Lupinensamen) besonders vorkommenden Substanz entstehen; sie nennen dieselbe Paragalactan. — Daraus würde nun folgen, dass die Reservecellulose sich nicht durch besondere Reaktionen von der Zellmembrancellulose unterscheide. Die paragalactonartigen Körper seien innig mit der Cellulose vermengt, können durch verdünnte Säuren entfernt werden, worauf der Rückstand die Eigenschaften der Cellulose zeige, also (nebst den bekannten Farbreaktionen) durch starke Schwefelsäure in Dextrose verwandelt werde. Nach Tollens gehören diese Körper zu den Saccharo-Kolloiden, und E. Schulze [14], [25], [29] nennt sie Hemicellulosen.

„Die Menge Hemicellulose in den Samen scheint nach approximativen Bestimmungen nicht gering zu sein; sie beträgt in Prozenten der schalenhaltigen Samentrockensubstanz bei Erbsen etwa 18,66 %, Ackerbohnen 6,82 %, Wicken 7,36 %, gelben Lupinen (entschält) 8,76 %. Es ist anzunehmen, dass diese Substanzen wegen ihrer leichten Löslichkeit in verdünnten Säuren sowohl bei der Pflanzenernährung als Reservestoff, wie bei der tierischen Ernährung als Nährstoff eine wichtigere Rolle spielen, als die eigentliche Cellulose" (König [4]).

Lässt man auf Cellulose kochende Salpetersäure einwirken, so entsteht durch Aufnahme von Sauerstoff Oxycellulose $C_{18}H_{26}O_{16}$; sie soll nach Nastjukoff [18] Aldehyd- oder Ketongruppen enthalten und ein Hydrazon oder ein Osazon bilden. Cross und Bevan [30] sehen die Cellulose der Gräser als Oxycellulose an, wonach auch diese ein Bestandteil der Zellwand sein müsste (s. auch [19]). Von besonderer Wichtigkeit für die Technik ist die Einwirkung von rauchender Salpetersäure oder einem Gemisch von konzentrirter Salpetersäure und Schwefelsäure auf Cellulose; die auf diese Weise erhaltenen Produkte, fälschlich Nitrocellulosen genannt, sind Di- oder Trinitrate, unter dem Namen Kollodiumwolle, Schiessbaumwolle (Pyroxylin), künstliche Seide bekannt; die in Aetheralkohol löslichen Produkte bilden das Kollodium. Wird Cellulose mit Kaliumhydrat zusammengeschmolzen, so erhält man Kaliumoxalat. Auch durch andauernde Einwirkung von Chlor und Chlorkalk oder dem Schulze'schen Gemische ($HNO_3 + KClO_3$) entstehen Oxalsäureverbindungen, worauf sich die übliche Methode der Oxalsäurefabrikation gründet. Reine Cellulose erhält man durch Behandlung mit Kupferoxydammoniak oder durch Reinigung von Pflanzengeweben, die grösstenteils aus Cellulose bestehen, wie Holundermark, Baumwolle, Flachs; auch Leinwand, gutes Filtrirpapier kann dazu dienen. Diese Stoffe werden mit Wasser, verdünntem Kali, verdünnter Salzsäure, Alkohol, Aether ausgezogen und bei 150° getrocknet.

Die verschiedenen Methoden der quantitativen Bestimmung der Cellulose stellt Tschirch folgendermassen zusammen. Die fragliche Substanz wird successive mit Wasser, Alkohol und Aether extrahirt und dann 1 Teil der Substanz mit 0,8 Teilen chlorsaurem Kali und 12 Teilen Salpetersäure (spez. Gew. 1,10) bei 15° macerirt, mit siedendem Wasser ausgewaschen (Schulze und Henneberg); besonders bei gefärbten Substanzen zu empfehlen. Oder man kocht 3—5 g ½ Stunde lang mit 200 ccm einer 1,25prozentigen Schwefelsäure, dann nach dem Dekantiren mit 200 ccm 1,25prozentiger Kalilauge und wiederholt mit Wasser. Der auf dem Filter gesammelte Rückstand wird mit Alkohol und Aether gewaschen. Oder aber man digerirt mit Chlorwasser, behandelt mit verdünnter Kalilauge, verdünnter Säure und siedendem Wasser (Fremy und Terreil). Oder man digerirt mit konzentrirtem Bromwasser und wascht mit Ammoniak und heissem Wasser aus (Hugo Müller). Ueber die Bedeutung und den Wert dieser Methoden sind die Arbeiten von E. Schulze [29] und Cross und Bevan [30] einzusehen.

Dass die Cellulose, wie sie die Zellmembran zusammensetzt, kein einheitlicher Körper ist, zeigt auch schon die mikroskopische Betrachtung nach Behandlung mit Kupferoxydammoniak (mitunter auch mit Jod und Schwefelsäure). An vielen Fasern, die aus Cellulose bestehen, z. B. an der Ramié (Boehmeria nivea), an den Apocynumfasern, selbst am Baumwollhaar können verschieden gefärbte und nach ihrem Löslichkeitsgrade verschieden sich verhaltende Schichten unterschieden werden. Für die industrielle Verwendbarkeit haben diese Erscheinungen wohl wenig Bedeutung, hingegen aber sind jene Veränderungen, welche die Cellulose durch Einlagerung anderer Substanzen erfährt, auch technisch

von grosser Wichtigkeit. Solche Einlagerungen können durch anorganische Materien verursacht werden, z. B. durch die Kieselsäure. Die Diatomaceen, Kieselalgen oder Stückeltange besitzen einen Kieselsäurepanzer, der nach Zerstörung aller organischen Substanz unverändert zurückbleibt und bei der ungeheuren Vermehrung dieser Pflanzen in gewaltigen Massen als höchst feiner Sand sich anhäufen kann; dessen Verwendung als „Kieselguhr" oder (fälschlich) „Infusorienerde" zu Dynamit, als Putz- und Polirmittel (Tripel) ist bekannt. Viel wichtiger sind die organischen Inkrustationen, welche die sogen. verholzte [9] bis [11] und verkorkte Zellmembran erzeugen, wozu auch noch die verschleimte Membran und die Pilzcellulose zu rechnen sind. Durch Einlagerung eines Gemisches sehr verschiedener Körper, unter welchen sich Vanillin, Gummi finden und welches Gemische den Namen Lignin oder Holzsubstanz erhalten hat, wird die Cellulose eigentümlich verändert; Jod und Schwefelsäure färben sie nur braun (nicht blau), in Kupferoxydammoniak tritt keine Lösung ein, dünne, verholzte Lamellen verfallen an der Luft sehr leicht einem Humifikationsprozess, gewinnen an Härte, aber in der Regel nicht an Festigkeit. Verholzte Cellulose lässt sich durch eine Reihe von Reaktionen nachweisen: Schwefelsaures Anilin färbt sie zitronengelb (Wiesner), Phloroglucin und Salzsäure rotviolett (Wiesner), Thymol und Kaliumchlorat blau (Molisch), salzsaures Naphthylamin orange. Diese Reaktionen sind allerdings nur Gruppenreaktionen, aber für den praktischen Gebrauch in der Regel vollkommen ausreichend. Farbstoffe werden von der verholzten Lamelle begierig aufgenommen. Längere Behandlung mit ätzenden Alkalien oder mit Schultze'scher Macerationsflüssigkeit vermag die Inkrustationskörper zu entfernen und der Rückstand zeigt die Reaktionen und das Verhalten der Cellulose, ist aber nach E. Schulze [29] keine einheitliche Substanz, sondern aus dem Anhydrid, aus welchem Traubenzucker entsteht und aus den Hemicellulosen zusammengesetzt. Die verkorkte Cellulosemembran enthält Suberin eingelagert. Diese Korksubstanz macht die Membran undurchlässig für Flüssigkeiten (und Luft), sehr widerstandsfähig gegen saure Körper und unlöslich in Schwefelsäure. Das Schultze'sche Gemisch weist das Cerinvorkommen nach. — Die Verschleimung der Cellulose kommt im Pflanzenreich häufig vor, so in der Samenhaut der Senfsamen, im Leinsamen, Quittensamen; hierher gehört auch die Gummibildung der Mandelbaumgewächse, der Akazien (Gummi arabicum), der Traganthpflanze (Traganth). Ein ganz besonderes Verhalten zeigt die Pilzcellulose. Mit Aether und Alkohol extrahirte Pilze ergeben, mit verdünnten Säuren behandelt, Hemicellulosen und ein schleimbildendes, Paradextrose genanntes Kohlehydrat. Als Rückstand verbleibt die eigentliche Pilzcellulose, die von Kupferoxydammoniak nur spurweise gelöst und von Jod und Schwefelsäure nur stellenweise gebläut, bei einigen Pilzen nur gerötet wird; hingegen löst sie sich in Kalilauge und in Schwefelsäure rascher als gewöhnliche Cellulose. Die Pilzmembran schliesst aber noch einen stickstoffhaltigen, dem Chitin höchst nahestehenden Körper ein, der beim Kochen mit Salzsäure gleich dem Chitin salzsaures Glucosamin und Essigsäure liefert (Winterstein [17]). Nach Richter [12] und Dreyfuss aber enthalten alle Pilze echte Cellulose.

Unter Cellulose im technischen Sinne [16] versteht man die aus Holz mittelst chemischer und physikalischer Prozesse gewonnene Cellulose, die hauptsächlich zur Papierfabrikation verwendet wird. Nachdem die ursprünglich angewendeten Papierrohstoffe (Hadern, Stroh) dem ungeheuren Bedarf nicht mehr genügten, kam zuerst das Holz selbst in Verwendung, das als Holzstoff (oder besser als Holzschliff bezeichnet) ein Papier von nur ephemerer Dauer liefert. Da die Haltbarkeit eines solchen Holzschliffpapieres gerade durch die „Inkrustationskörper" am meisten beeinträchtigt wird, so suchte man folgerichtig den „Holzstoff" von diesen zu befreien, um die organische Grundlage jeder verholzten Zellmembran zu gewinnen und nannte die auf diese Weise von dem Lignin befreite Materie Cellulose. — Hierbei liess sich auch das Verfahren, das Holz in seine Fasern zu zerlegen, ohne sie durch Raffiniren (Feinmahlen) an Länge und Haltbarkeit zu schädigen, wesentlich vereinfachen. Man hat nun zwei Hauptmethoden in Anwendung gebracht, um Cellulose zu erzeugen, die je nach

der Verwendung des chemischen Agens, der Natronlauge oder der Sulfitverbindungen Natron- oder Sulfitcellulose ergeben.

Natroncellulose. Sowohl Nadelhölzer wie Laubhölzer eignen sich zur Gewinnung derselben: von ersteren ist es namentlich das Kieferholz, dann Fichten- und Tannenholz, von letzteren Linden-, Birken-, Zitterpappel- (Aspen-) und Buchenholz, die auf Cellulose gut verarbeitet werden können. Bei der Verarbeitung ist auf genügende mechanische Zerkleinerung des Holzes, auf hinlängliche Konzentration der Natronlauge, hohe Temperatur und hohen Druck (bei dem Unger'schen Verfahren 6, sonst 10—14 Atmosphären) zu achten. Das unter dem nötigen Druck mit Natronlauge gekochte Holz gibt seine „Inkrusten" an die Lauge ab und bleibt als eine (gebleicht) weisse, faserige Masse zurück, die nur noch aus den Holzfasern besteht, während die (parenchymatischen) Markstrahlzellen vernichtet sind; die Holzfasern sind isolirt, erscheinen gequetscht, oft gewunden, sehr durchsichtig und reagiren auf Cellulose; mitunter lässt sich durch Phloroglucin und Salzsäure noch eine schwache Verholzung nachweisen. Zur Herstellung der Natroncellulose sind vier verschiedene Verfahren in der Praxis eingeführt: 1. direkte Heizung liegender Kochkessel mit 10 Atmosphären Ueberdruck (Lee, Dressel); 2. direkte Heizung oder Dampfheizung stehender Kochkessel bei 11—14 Atmosphären Dampfdruck (Sinclair, Nickol, Behrend); 3. Dampfheizung mit rotirenden Kesseln mit 12 Atmosphären Ueberdruck (Hahn); 4. Laugungsverfahren mit auf 6 Atmosphären erhitzten, durch ein zusammenhängendes System von kleineren Apparaten getriebenen Laugen und nachfolgendem Auswaschen im Apparate selbst (Meyer). Letzteres Verfahren scheint sich besonders zu empfehlen (Mierzinski [13]). Man hat auch Schwefelnatrium und Schwefelstrontium zur Herstellung einer Natroncellulose angewendet, wobei weniger Cellulose als bei der Anwendung der Natronlauge verloren geht. —

Sulfitcellulose. Die Verwendung des Calciumsulfits (doppeltschwefligsauren Kalkes) zur Cellulosegewinnung ist von Mitscherlich in Freiburg empfohlen worden, der auch ein rationelles Verfahren ausfindig machte; Modifikationen des Mitscherlich'schen Verfahrens wurden von Eckmann, Franke, Graham, Ritter-Kellner, Flodquist, Archbold, Raoul Pierre Pictet und Georg Brélacz angegeben.

Nach Mitscherlich wird das entrindete Holz zuerst gedämpft, dann in der Sulfitlösung zuerst auf 108° und schliesslich auf 118° erwärmt. Hierbei nimmt die schweflige Säure aus den Inkrustationskörpern den Sauerstoff auf und wird zu Schwefelsäure oxydirt; die desoxydirten Substanzen gehen eine Verbindung mit der Gerbsäure ein. Zum Gelingen des Kochprozesses ist die Abwesenheit von polythionsauren Salzen unbedingt nötig, da diese die Holzsubstanz nicht zerlegen können. Besondere Aufmerksamkeit ist daher der Beschaffung einer richtigen Kochlösung zuzuwenden. Ein Turm wird mit Kalktuff gefüllt, über diesen wird Wasser in feiner Verteilung, dem Wasser entgegen ein Strom schwefliger Säure geleitet. Tritt freier Schwefeldampf hierbei auf, so ist die Bedingung der Bildung von Polythionsäuren gegeben. Eckmann verwendet Magnesiumsulfit statt des Calciumsulfits, welches den Vorteil bietet, nach der Oxydation zu Magnesiumsulfat sich leicht zu lösen. Fellner empfiehlt die Anwendung des Dolomits oder des Dolomits in Verbindung mit dem Magnesit. Franke nimmt kleine, cylindrische, in langsamer Drehung befindliche Kessel und behandelt das Holz mit einer Lösung von Calcium-, Magnesium- oder Natriumsulfit 12—15 Stunden lang unter 4—5 Atmosphären Druck. Nach Graham wird das Holz zuerst mit dem einfachen Sulfit, dann mit dem Bisulfit gekocht. — Flodquist lässt die schweflige Säure über mit Wasser benetzte, vorher entfettete Knochen und dann über kohlensauren Kalk leiten, so dass in der Lösung auch Calciumphosphat enthalten ist. Archbold unterwirft das Holz einer Art Maceration mit dünner Kalkmilch, worauf es in einem passenden Apparat der Einwirkung der schwefligen Säure bei 4—5 Atmosphären Druck ausgesetzt wird. Nach dem Auswaschen mit Wasser und weiterem Behandeln mit Chlorcalcium und Aluminiumsulfat unter Druck erhält man ein der Baumwolle gleichendes Material.

Aus allen mitgeteilten Verfahren ergibt sich, dass die schweflige Säure das wichtigste Agens zur Befreiung der Cellulose vor den Einlagerungen ist. Ob sie wirklich eine Desoxydation bewirkt, wird von Cross [7], [30] bezweifelt, der vielmehr eine Verbindung des Sulfits mit den Nichtzellstoffen annimmt. Je nach der Art des verwendeten Holzes ist die Ausbeute an Cellulose verschieden; im allgemeinen geben weiche, ligninärmere Hölzer mehr Cellulose als harte Hölzer. So liefern Schwarzpappel 63, Tanne 57, Weide 56, Birke 55,5, Erle 54,5, Kiefer 53,3, Linde 53, Buche 45,5, Eiche 39,5 % Cellulose. — In der Sprengkörpertechnik ist auch von einer sogen. amorphen Cellulose die Rede. Behufs Herstellung dieses Produktes werden Baumwolle, Hanf- oder Flachsfaser, Sulfit-

oder Natroncellulose zerkleinert, in eine 10prozenzige wässerige Lösung von Kaliumpermanganat eingetragen und gut umgerührt; nach Abziehen der Flüssigkeit wird der Rückstand mit Wasser ausgewaschen und, um das noch vorhandene Manganhyperoxyd zu entfernen, mit verdünnter Salpetersäure ausgelaugt. Das auf diese Weise gereinigte Produkt stellt amorphe Cellulose vor, welche sich besonders gut zur Nitrirung (Herstellung rauchfreien Schiesspulvers) eignen soll.

Litteratur: [1] Tschirch, Artikel Cellulose in Moeller-Geisslers Realencyklopädie der ges. Pharmacie, Wien 1887, Bd. 2, S. 606—612. — [2] Ders., Angewandte Pflanzenanatomie, Bd. 1, Wien 1889, S. 170—173. — [3] Wiesner, Elemente der Botanik, Bd. 1, Wien 1890, S. 38. — [4] König, Die menschlichen Nahrungs- und Genussmittel, Bd. 2, Berlin 1893, S. 450—453. — [5] Husemann-Hilger, Pflanzenstoffe, Berlin 1884, Bd. 1, S. 106. — [6] Béchamp, Compt. rend., 1884, S. 99. — [7] Cross and Bevan, Chem. News, 1882, S. 49; Journ. Chem. soc., S. 43; Pharm. Journ., Transact., 1884. — [8] Fremy u. Urbain, Ann. scienc. natur., botan., Bd. 13 in Compt. rend., 1859. — [9] Schuppe, Beiträge zur Chemie des Holzgewebes, Dissert. Dorpat 1882. — [10] Max Singer, Wiener Akad. Sitzungsber., 1885, Bd. 1. — [11] Pringsheim, Ber. d. deutschen botan. Gesellsch., 1883, Bd. 1, S. 288. — [12] Richter, Pilzcellulose in Wiener Akad. Sitzungsber., 1881, Maiheft. — [13] St. Mierzinski, Handbuch der prakt. Papierfabrikation, Wien 1886, Bd. 2, Ersatzmittel der Hadern (Cellulose). — [14] E. Schulze, Ber. d. deutschen chem. Gesellsch., 1891, Bd. 24, S. 2277; Chemie der pflanzl. Zellmembranen, Zeitschr. f. phys. Chemie, 1894, Bd. 70. — [15] Gilson, Kristallisation der Cellulose, Chem.-Ztg., Repert. 1893, Bd. 280. — [16] Ganswindt, Artikel Cellulose technisch in Moeller-Geisslers Realencyklopädie, 1887, Bd. 2, S. 612. — [17] E. Winterstein, Zur Kenntnis der in den Membranen der Pilze enthaltenen Bestandteile, Zeitschr. f. physiol. Chem., Bd. 19, S. 521; Ber. d. deutschen botan. Gesellsch., 1893, Bd. 11, 441 und Ber. d. deutschen chem. Gesellsch., 1895, Bd. 28, S. 167. — [18] Nastjukoff, Ueber die Veränderung der physikalischen und chemischen Eigenschaften der Baumwollcellulose bei ihrer Umwandlung in Oxycellulose, Bull. Soc. ind. de Mulhouse, 1892, S. 493. — [19] C. Schmith, Ueber natürliche Oxycellulosen, Chem.-Ztg., 1894, S. 674. — [20] Henze, Untersuchungen über das spezifische Gewicht der verholzten Zellwand und der Cellulose, Dissert., Göttingen 1883. — [21] Wieler, Landwirtsch. Versuchsstationen, Bd. 32, 307. — [22] Thomson, Journ. f. prakt. Chemie, Bd. 42, S. 25. — [23] W. Hoffmeister, Landwirtschaftl. Jahresbericht, 1888, Bd. 17, S. 239. — [24] Reiss, Ber. d. deutschen chem. Gesellsch., Bd. 22, S. 609. — [25] E. Schulze und Steiger, Ber. d. deutschen chem. Gesellsch., 1887, Bd. 20, S. 290. — [26] E. Fischer und J. Hirschberger, Ber. d. deutschen chem. Gesellsch., 1889, Bd. 22, S. 1155. — [27] W. Maxwell, Zeitschr. f. physiol. Chemie, Bd. 14, S. 227. — [28] Gmelin, Handbuch der Chemie, Bd. 7, S. 578—581. — [29] E. Schulze, Ueber die Cellulose, Chem.-Ztg., 1895, Bd. 19, S. 1465—1467. — [30] Cross u. Bevan (C. F. Cross, E. J. Bevan and C. Beadle), Cellulose; An outline of the Chemistry of the structural elements of plants etc., London 1895, das neueste und vollständigste chemische Werk über Cellulose. — [31] J. Grüss, Ber. d. deutschen botan. Gesellsch., 1894, Bd. 12, Generalversammlungsheft, Bd. 60.

T. F. Hanausek.

Celsius-Grad, s. Thermometer.

Cendres vertes, grüne Asche, als Wasserfarbe verwendbar, besteht aus einem Gemisch von schwefelsaurem Kalk und arsenigsaurem Kupferoxyd.

Cenoman, s. Kreideformation.

Cent, kleinere Rechen- oder geprägte Münze. Ein niederländischer Cent $= {}^1/_{100}$ Gulden = 1,69 ₰; in den Vereinigten Staaten 1 Cent (früher in Kupfer, jetzt in Bronze geprägt) $= {}^1/_{100}$ Dollar = 4,2 ₰.

Centesimo, Scheidemünze, in Italien $= {}^1/_{100}$ Lire = 0,8 ₰, in Spanien $= {}^1/_{100}$ Peseta = 0,8 ₰.

Centime, Scheidemünze in Frankreich, Belgien und der Schweiz $= {}^1/_{100}$ Frank = 0,81 ₰.

Cer, *Ce*; Atomgewicht 140; spez. Gew. 6,72; ein im Cerit vorkommendes selteneres Erdmetall. Es ist etwas härter als Blei, aber von ähnlicher Farbe, schon unter Rotglut schmelzbar, mit anderen Metallen leicht legirbar. Feilspäne des Metalles entzünden sich von selbst an der Luft. Man kann es wie das Magnesium (s. d.) durch Elektrolyse geschmolzener Doppelchloride erhalten. Das Metall ist von geringer technischer Bedeutung. Von seinen Verbindungen werden aber das Oxyd, das Oxydhydrat und das Nitrat zur Herstellung feuerbeständiger Glühkörper für Beleuchtungszwecke (s. Gasglühlicht) benützt. *Borchers.*

Cerachat, s. v. w. wachsgelber Calcedon, s. Quarz.

Ceresin ist ein aus dem Erdwachs oder Ozokerit dargestelltes Produkt, welches anfänglich nur zur Erhöhung des Schmelzpunktes weicher Paraffinsorten benützt wurde, gegenwärtig aber in der Wachswarenfabrikation und Kerzenindustrie eine grosse Bedeutung erlangt hat. Das rohe Erdwachs oder Ozokerit findet sich, Spaltungen und Höhlungen ausfüllend, in der Nähe grösserer Kohlen-

lager und Salzmassen oder unter mit Bitumen durchsetztem Sandstein. Es muss regelrecht erbohrt werden und erfordert bergmännische Gewinnung. Es findet sich in allen Erdteilen; doch scheint es nur in Galizien und im Kaukasus in grösseren Mengen vorhanden zu sein. In ersterem Lande sind als Hauptfundorte Boryslav, Drohobycz, Starunia und Soloswina zu bezeichnen. Das meiste Erdwachs wird in Boryslav gewonnen. Dort wird seit ungefähr 20 Jahren ein umfangreicher Bergbau betrieben. Derselbe verbreitet sich über eine Fläche von 200 österreichischen Joch (1 Joch = 58 a) und befinden sich darauf über 12000 Schächte, die häufig nicht weiter als 3—5 m aus einander liegen und von ca. 1000 Unternehmern bewirtschaftet werden. Der Betrieb lässt in nationalökonomischer und sicherheitspolizeilicher Hinsicht sehr zu wünschen übrig. — Das geförderte Erdwachs ist meist noch kein Handelsprodukt, sondern muss zuvor von dem anhaftenden Schmutze befreit werden. Behufs dessen werden die grösseren Stücke ausgesucht, die kleineren durch eine Art Schlämmen von Schutt und Erde getrennt. Diese Verunreinigungen, welchen man den Namen „Waschlep" beigelegt hat, enthalten noch 2—3 % Wachs und werden deshalb an vielen Orten einer Extraktion unterworfen. Das ausgesuchte und das durch Waschen gereinigte Wachs werden in einem eisernen Kessel über wenig Wasser geschmolzen und absetzen gelassen. Das reine Erdwachs wird dann abgeschöpft und in zuckerhutähnliche Formen gegossen, welche zuvor mit Kalkmilch bestrichen werden, um ein Anfassen zu vermeiden. Der im Kessel verbleibende Rückstand enthält bis zu 15 % Wachs und wird in der Regel zusammen mit dem Waschlep der Extraktion unterworfen. — Die so gewonnenen Ozokeritblöcke bilden die eigentliche Handelsware, deren Preis sich nach der Höhe des Schmelzpunktes und nach der mehr oder weniger lichten Farbe richtet. Gewöhnlich stellt der Ozokerit eine halbfeste Masse von 54—78 ° C. Schmelzpunkt dar, deren Konsistenz an weiches Bienenwachs erinnert. Er hat einen eigentümlich bituminösen Geruch und eine Farbe, die von dunkelgrün bis blauschwarz variiren kann. Angebrochen soll ein Wachsblock einen muscheligen Bruch zeigen, wenngleich das Erdwachs bei längerem Kneten plastisch wird und erweicht. Schneidet man es mit einem Messer, so darf die Schnittfläche nicht käseartig aussehen, sondern die Masse soll am Messer haften bleiben.

Häufig wird ein Produkt, das zwischen Erdwachs und Petroleum steht, der sogen. Cinderball, zur Verfälschung der besseren Sorten Ozokerit benützt, ein Betrug, welchen man nur durch eine genaue Schmelzpunktbestimmung feststellen kann. Bisweilen zeigt auch ein Block von rohem Erdwachs an der Oberfläche ein solches Aussehen, dass man es als erste Qualität bezeichnen muss; zerschlägt man jedoch einen solchen Block, so findet man, dass das Innere desselben von ganz anderer Beschaffenheit ist und aus Cinderball, vermischt mit Thon etc., besteht. Diese Ware wird in der Weise hergestellt, dass man die Formen mit prima Ozokerit ungefähr bis zu $^1/_3$ der Höhe füllt und umschwenkt, damit eine oberflächliche Erstarrung (Krustenbildung) eintritt. Hierauf wird die Ware aus geringerer Qualität eingegossen und zum Schluss nochmals ein Aufguss von gutem Erdwachs gemacht. Ein gutes Probenehmen ist natürlich bei derartigen Produkten von Wichtigkeit.

Seiner chemischen Zusammensetzung nach ist das Erdwachs, ebenso wie Petroleum und Paraffin, ein Gemenge der verschiedensten Kohlenwasserstoffe; es besteht durchschnittlich aus 15 % Wasserstoff und 85 % Kohlenstoff. In den Ceresinfabriken wird zur Untersuchung des Ozokerits meist folgende Methode von B. Lach [2] angewendet:

In einer tarirten Schale werden 100 oder 200 g Erdwachs langsam geschmolzen und unter fortwährendem Umrühren bis auf 150 ° C. erhitzt. Durch Zurückwägen erhält man den Gehalt an flüchtigen Substanzen (Benzin, Wasser etc.). Jetzt werden 10 %, 15 % oder 20 % rauchender Schwefelsäure (je nachdem in der betreffenden Fabrik gearbeitet wird) eingerührt und die Masse so lange in tüchtiger Bewegung gehalten, bis keine Spuren schwefliger Säure mehr entweichen. In die heisse Masse werden nun 10 oder mehr Prozent ihres Gewichtes Entfärbungspulver gerührt. Dasselbe muss zuvor bei 120 ° C. getrocknet werden, da sonst ein Uebersteigen infolge Verdampfung des darin enthaltenen Wassers eintritt. Nun lässt man die gesamte Masse erkalten, zerkleinert sie, wägt ca. 15 g ab und extrahirt diese Menge in einem Soxleth'schen Extraktionsapparate mit einem Benzin, dessen Siedepunkt bei ungefähr 80 ° C. liegt. Durch Abtreiben des Lösungsmittels erhält man dann das gebleichte Ceresin, aus dessen Gewicht man die Gesamtausbeute berechnen kann.

Das Erdwachs wurde ursprünglich nur auf Paraffin verarbeitet; erst 1873 fing man an, daraus Ceresin herzustellen. Um aus Erdwachs Paraffin zu

gewinnen, muss dasselbe der Destillation unterworfen werden, während zur Herstellung von Ceresin nur eine Reinigung mit Schwefelsäure und Entfärbungspulver erforderlich ist. Das Verfahren besteht in folgendem: Nachdem das Erdwachs in geräumigen Eisenkesseln geschmolzen, wird bei einer Temperatur, die ca. 10° höher als der Schmelzpunkt des Materials ist, Schwefelsäure unter stetem Umrühren zufliessen gelassen. Da die Kessel direkte Feuerung haben, ist es gut, die nötigen Vorsichtsmassregeln gegen Feuersgefahr zu beobachten [3]. Die Menge der angewendeten Säure richtet sich nach der Beschaffenheit der zu verarbeitenden Ware und schwankt zwischen 10 und 20 %. Die Wirkung der Säure ist eine zweifache: einmal bildet sie mit den im Ozokerit enthaltenen organischen Verbindungen Sulfosäuren und zweitens wirkt sie auf die Brandharze oxydirend. Die geringsten Spuren Wasser beeinträchtigen natürlich die Wirkung der Schwefelsäure. Die Einwirkung der Schwefelsäure, welche in der Regel 6—8 Stunden dauert, kann so lange fortgesetzt werden, bis keine schweflige Säure mehr entweicht, oder man kann den Kessel schon vorher der Ruhe überlassen. Der sogen. Asphalt, bestehend aus Sulfosäuren, Brandharzen etc., hat sich dann am Boden in zusammengeballten Klumpen ausgeschieden und kann das darüber stehende halbgereinigte Wachs durch Abschöpfen von demselben getrennt werden. Ob man zu dieser Säuerung Schwefelsäure von 66° Bé oder rauchende verwendet, hängt lediglich von der Güte des Rohmaterials ab. Je mehr Säure, desto geringer die Ausbeute, aber um so besser das erhaltene Ceresin. Das nach dem Säuern resultirende Produkt ist von hellroter Farbe, die man durch Aufkochen mit Sodalösung, behufs Entfernung der letzten Säurespuren, noch heller erhalten kann. Um weisses Ceresin zu erhalten, muss man das von der Säure abgeschöpfte Wachs mit Entfärbungspulver, das aus den Rückständen der Blutlaugenschmelze gewonnen wird, behandeln. Das Pulver wird in Mengen von 10—25 % in das auf 120° C. erhitzte halbgereinigte Ceresin nach und nach eingetragen. Hierauf lässt man absetzen, schöpft dann das Ceresin oben ab und filtrirt durch Papier oder Filz. Häufig wird das Erdwachs vor der Reinigung einer Extraktion unterworfen, und zwar dann, wenn es mit Thon verunreinigt ist. Auf diese Weise erzielt man eine bedeutend hellere Farbe desselben, da der Thon entfärbend wirkt. Das so gewonnene Rohwachs bedarf zur Reinigung bedeutend weniger Schwefelsäure als durch Ausschmelzen erhaltenes.

Friedr. Redel [3] hat ein Verfahren zur Reinigung des Ozokerits empfohlen, welches die Schwefelsäure ganz umgeht: er behandelt geschmolzenes Erdwachs mit der dreifachen Gewichtsmenge Tierkohle bei bestimmter Temperatur 6 Stunden und extrahirt die Masse dann in geeigneten Extraktionsapparaten mit Benzin. Das so erhaltene schneeweisse Produkt kann wohl aber nicht Ceresin, sondern nur weisses Erdwachs genannt werden und ist als Kerzenmaterial unbrauchbar; denn die Kerzen würden rauchen und schnell ablaufen.

Sehr beachtenswerte Beiträge zur Ceresinfabrikation veröffentlichte Edgar von Boyen [4]. Reines Ceresin hat mit dem Bienenwachs grosse Aehnlichkeit; sein spez. Gew. ist aber bedeutend niedriger und schwankt von 0,915 bis 0,925, während Bienenwachs eine Dichte von 0,963 bis 0,970 hat. Es kommt in mehreren Sorten auf den Markt, die nach ihrer Farbe unterschieden werden. Vollkommen weisses Ceresin dient als Ersatz für gebleichtes Bienenwachs, während als Surrogat für Naturbienenwachs das Ceresin mit Curcuma oder Teerfarbstoffen gefärbt wird. Der Billigkeit halber setzt man dem Ceresin häufig Harz (Kolophonium) zu, welches sich mit demselben in allen Verhältnissen mischt und für gewisse Zwecke von keinem Nachteile ist. Steigt der Harzgehalt bis zu 50 %, so wird das Gemisch hart und der Harzgeruch tritt deutlich hervor. Die Menge einer solchen Beimischung lässt sich durch die Verseifbarkeit des Harzes ermitteln. Paraffin und Ceresin unterscheiden sich in ihrer chemischen Zusammensetzung nicht, indem beide Gemenge von Kohlenwasserstoffen sind. Physikalisch sind sie insofern verschieden, als der Schmelzpunkt des Paraffins um 10—20° niedriger liegt und das Aussehen des Ceresins amorph, undurchsichtig, am Bruche muschelig ist, während Paraffin blätterig, kristallinisch, alabasterartig und durchscheinend ist. Die Verwendung des Ceresins ist eine äusserst mannigfaltige; seine Hauptverwendung ist aber als Ersatz und zur Fälschung von Bienenwachs. Ferner wird es benützt zu Glanzwachs, Fussbodenwachs,

Nähwachs, Bettwachs, Schuhmacherwachs, für farbige Bleistifte, in der Wäschemanufaktur u. s. w. Seine grosse Plastizität hat weiter bewirkt, dass es als Matrizenmasse Verwendung findet; in ihm ist dem Guttapercha ein gefährlicher Konkurrent entstanden, da es viel geschmeidiger ist als dieses und die Umrisse und Zeichnungen mit ungemeiner Schärfe wiedergibt. — Gut brennende Kerzen aus Ceresin herzustellen, hielt man lange Zeit für unmöglich, da dieselben mit russender Flamme brannten. Durch Beizen des Dochtes mit oxydirenden Substanzen, wie Salpeter, wird jedoch der Uebelstand grösstenteils beseitigt und heute sind die Ceresinkerzen, welche in der Regel 80—90 % Ceresin, das übrige Stearin enthalten, sehr beliebt. — Die Bienenzüchter suchten das Ceresin für ihre Zwecke nutzbar zu machen, indem sie Waben aus demselben herstellten; die Bienen liessen sich jedoch nicht bewegen, den Honig in diese Zellen abzugeben, und erst als man darauf kam, durch Zusammenschmelzen von Honig mit Ceresin dem letzteren den Bienenwachsgeruch zu erteilen, konnten selbst die Bienen ihr eigenes Produkt von dem künstlichen nicht mehr unterscheiden. — Hauptfabrikationsorte sind Stockerau bei Wien und Frankfurt a. d. O. — Näheres in [1].

Litteratur: [1] Perutz, die Industrie der Mineralöle, Wien 1879, 2 Bde. — [2] Lach, Die Feuergefährlichkeit der Ceresinfabrikation, Seifenfabrikant 1893, 628. — [3] Hübners Zeitschr. 1879, 57. — [4] Zeitschr. f. angew. Chemie 1893, 414, 448, 581, 601. *Deite.*

Cerit, Cerinstein, wasserhaltiges, kieselsaures Ceroxydul mit Beimengung von Lanthan- und Didymoxydul = $(Ce, La, Di)_2SiO_4 + H_2O$ (wenn frei von Lanthan und Didym 73,47 % CeO, 20,41 % SiO_2, 6,12 % H_2O, etwa 8 % des CeO sind durch Lanthan und Didym ersetzt). Selten kristallisirt, meist derb, feinkörnig; ohne deutliche Spaltbarkeit; Bruch splitterig; braunrot, Strich weiss, stark glänzend, Kanten durchscheinend. Härte 5,5. Spez. Gew. 4,9—5,0. Schmilzt nicht vor dem Lötrohr, gibt im Kolben Wasser, wird von Salzsäure vollkommen zersetzt unter Abscheidung von Kieselgallert. Auf Erzgängen im Gneiss bei Riddarhyttan in Westmanland (Schweden). Wird zur Darstellung des Cers benützt. Preis 100 kg *M.* 300 ab Hamburg. *Leppla.*

Cerithienkalkstein, hellgelbe und hellgraue, meist mächtige, zuweilen oolithische und dolomitische Kalksteine, welche im Mainzer Becken die tiefsten Schichten des Miocän (s. Tertiärformation) bilden und meist ganz erfüllt sind von vorweltlichen Muscheln und Schnecken, von denen Cerithium die charakteristischste ist. Vielfach zeigen die Kalke keine Schichtung, sind plump und massig, stark zerklüftet und teils hart und knollig, teils weich und mehlig. Ihre Unterlage bilden die Cyrenenmergel, ihr Hangendes die Corbiculakalksteine. Ihrer Entstehung nach können sie nur in einem sehr wenig salzigen, in der Aussüssung befindlichen Meere, Brackwasser, gebildet worden sein. Mitunter treten an Stelle der massigen grauen Kalke oder aus zerbrochenen Conchylienschalen bestehenden Kalkbreccien sandige Schichten und Kies. In den Steinbrüchen der Umgebung von Mainz (Oppenheim, Hochheim u. s. w.) werden sie mit den auflagernden Corbiculakalksteinen gewonnen und zu Bauzwecken und zur Düngung verwendet. *Leppla.*

Ceritmetalle nennt man eine Reihe neben Cer in dem Cerit vorkommender Metalle, von deren Verbindungen einige zur Herstellung von Glühkörpern für Erleuchtungszwecke Verwendung finden (s. Didym, Lanthan, Thorium, Yttrium). *Borchers.*

Cerographie (Kerographie), Wachsgravirverfahren zur raschen Herstellung von Druckformen von Landkarten, Plänen, Skizzen u. s. w. für den Druck auf der Buchdruckpresse, das besonders in den Vereinigten Staaten und Kanada vielfach in Anwendung ist.

Auf eine polirte und versilberte Kupferplatte wird eine Schicht von weichem, mit etwas Graphit vermischtem Wachs bis zu 0,5 mm Stärke gleichmässig aufgetragen, auf welche man die Zeichnung paust oder photographisch — je nach Bedarf vergrössert oder verkleinert — überträgt. Mit verschieden geformten Gravirnadeln werden dann die Linien der Strassen, Eisenbahnen, Flüsse etc. in die Wachsschicht bis zur Tiefe der Platte eingeritzt, auch lässt sich in gleicher Weise Terrain- und Grenzen-Schraffirung herstellen; die Orts- und anderen Namen aber setzt man zuvörderst aus Buchdrucktypen und drückt sie, nachdem man sich von ihrer Korrektheit überzeugt hat, vermittelst Metallkästchen, welche zum Festhalten der Schrift mit Seitenschräubchen versehen sind, in die Wachsschicht ebenfalls bis auf die Metallplatte ein,

wobei man sich auch gebogener Metallkästchen, in denen die Schrift sich den Flussläufen, Eisenbahn- und Strassenlinien anschmiegend gestellt werden kann, bedient. Auf grösseren Flächen der Karten, welche nach dem Drucke weiss bleiben sollen, wird sodann die Wachsschicht verstärkt, worauf die Platte mit feinst pulverisirtem Graphit überbürstet und ins galvanische Bad gebracht wird. Hat der Niederschlag die erforderliche Druckstärke erlangt, so wird er in der üblichen Weise durch Hintergiessen, Befestigen auf Holz oder andere Unterlage etc. druckfertig gemacht, nachdem man vorher noch etwaige Fehler durch Ausstossen, Einsetzen und Einlöten von Typen, sowie Abbrechen des Typenkörpers beseitigt hat.

Cerographisch hergestellte Karten und Pläne können natürlich nicht sehr genau sein, dienen aber sehr wohl allgemeinen Orientirungszwecken und ihre Herstellungsweise ist allen anderen Arten der Kartenerzeugung hinsichtlich Schnelligkeit und Billigkeit überlegen. *Theod. Goebel.*

Certosa, s. v. w. Karthause.

Certosamosaik, Holzarbeiten mit in kleinen geometrischen Mustern eingelegtem Elfenbein, besonders in Mailand in grosser Menge hergestellt.

Cerussit, s. v. w. Weissbleierz.

Ceva, Satz des. Schneiden sich drei durch die Ecken eines beliebigen Dreiecks gehende Geraden in einem Punkt, so geben von den durch dieselben gebildeten Abschnitten der Seiten des Dreiecks je drei nicht an einander stossende dasselbe Produkt wie die drei übrigen. Wenn umgekehrt letzteres zutrifft, so müssen jene Geraden durch einen und denselben Punkt gehen. Der Satz gilt nebst seiner Umkehrung auch für sphärische Dreiecke, wofern man Grosskreise statt der Geraden und nicht die Seitenabschnitte selbst, sondern ihre sin. nimmt. *Mehmke.*

Ceylonit, s. Spinell.

Ceylonöl, s. Kokosnussöl.

Ceylonrubin, s. Granat.

Ceylonzimtöl, s. Zimtöl.

Chabasit, s. Zeolith.

Chabotte, s. Dampfhammer.

Chagrin bezeichnet sowohl eine besondere körnige Beschaffenheit der Oberfläche des Leders, als auch diejenige Lederart, die eine solche Oberfläche besitzt. — S. auch Weberei.

Chagriniren ist bei der Lederzurichtung diejenige Operation, durch welche die Oberfläche des Leders eine körnige Beschaffenheit, den sogen. Chagrin, erhält.

Das Chagrinleder wurde ursprünglich nur in Russland, Persien und Kleinasien hergestellt, und zwar in der Weise, dass die reingemachten Blössen auf der Narbenseite mit den harten Samen einer Meldeart bestreut wurden, welche man nach dem Auflegen eines Filzes in die Haut stark einpresste. Nach dem Trocknen und Entfernen der Samen wurden die Erhöhungen abgeschabt und die Häute wieder in Wasser geworfen, in welchem die nicht geschwächten Teile der Häute stärker aufquellen als die durch Schaben dünner gemachten Teile, wodurch der Chagrin hervorgebracht wurde. Hierauf wurden die Blössen erst geschwellt und dann dem eigentlichen Gerbeprozess unterworfen.

Jetzt fertigt man Chagrinleder immer in der Weise, dass man mit der Hand oder mit besonderen Chagrinirmaschinen mit Hilfe von Rollen, auf welchen das gewünschte Korn eingravirt ist, den Chagrin in das Leder einpresst. *Pässler.*

Chagrinpapier, s. Buntpapierfabrikation.

Chagualgummi, bassorinreichste, daher in Wasser fast nur Gallerte liefernde Gummisorte, stammt von einer südamerikanischen Puya-Art (Bromeliaceen) und kommt in grossen, gelben, glashellen Bruchstücken von Hohlcylindern in den Handel. Es klebt wenig, bindet jedoch nach dem Eintrocknen sehr kräftig. Die Gallerte wird durch kohlensaures Natron zitronengelb gefärbt.

Chairfärberei. Als Chairfärberei bezeichnet man in der Glacélederfärberei diejenigen Verfahren, nach welchen die broschirten Felle auf der Fleischseite gefärbt werden. Vor dem Färben, welches entweder durch Auftragen der Farbstofflösung mit der Bürste oder durch Eintauchen der Felle in die Farbstofflösung und durch Bewegen in derselben erfolgt, wird die Fleischseite durch Abbimsen oder durch besondere Dollirmaschinen möglichst glatt gearbeitet. *Pässler.*

Chalcedon (Calcedon), s. Quarz.

Chalkanthit, s. v. w. Kupfervitriol.

Chalkochemigraphie, Aetzverfahren, bei dem eine sauber polirte Zinkplatte zunächst mit weisser Farbe grundirt wird, in welche man dann die

Zeichnung, Schrift oder dergleichen radirt, doch so, dass man nur die Platte blosslegt, ohne sie einzuschneiden. Ist dies geschehen, so übergiesst man die ganze Platte mit lichtempfindlichem Asphalt, setzt sie dem Lichte aus und legt sie hierauf in Wasser, wo sich die lösliche Grundfarbe abheben und die Zeichnung nur im Asphalt zurücklassen wird. Die Platte wird dann so lange geätzt, bis die nicht durch Asphalt geschützten Schichten und Stellen hinreichend tief sind, um beim Druck auf der Buchdruckpresse nicht abzuschmieren, d. h. nicht als schwarze Flächen zu erscheinen.

Litteratur: Toifl, Handbuch der Chemigraphie, Wien 1883. *Theod. Goebel.*

Chalkographie, die dem Griechischen entlehnte Bezeichnung für Kupferstecherkunst (s. d.).

Chalkopyrit, s. v. w. Kupferkies.

Chalkosin, s. v. w. Kupferglanz.

Chalkotrichit, s. v. w. Kupferblüte, s. Rotkupfererz.

Chalkotypie, eines der zahlreichen Verfahren, durch welche man den Holzschnitt zu ersetzen versucht hat. Man trägt hierbei auf eine Kupfer- oder Messingplatte die Zeichnung oder Schrift mit Fettfarbe auf und ätzt die freibleibenden Stellen bis zu der für den Druck auf der Buchdruckpresse erforderlichen Tiefe; der Prozess ist somit ziemlich der gleiche wie der bei der Zinkographie geübte, nur dass die Aetzung in Kupfer beim Druck widerstandsfähiger ist als die in Messing. Gleichwohl ist die Chalkotypie, die 1850 von Heims in Berlin zuerst geübt wurde, nur wenig in Aufnahme gelangt. *Theod. Goebel.*

Chamaeleon minerale, s. v. w. mangansaures Kali, s. Mangansäuren.

Chameroys Apparate, s. Telegraph.

Chamois, s. Eisensalze.

Chamosit, ein wasserhaltiges Eisenoxydul-Thonerdesilikat (mit 14,3 % SiO_2, 60,5 % FeO, 7,8 % Al_2O_3, 17,4 % H_2O) von derber, körniger oder oolithischer Beschaffenheit; grünlichschwarz, grünlichgrauer Strich, undurchsichtig; Härte 3; spez. Gew. 3—3,4. Gibt beim Erhitzen im Kolben Wasser ab, wird vor dem Lötrohr rot und von Säuren leicht zersetzt unter Ausscheidung von Kieselgallert. Mit Kalk vermengt im Eisenerz des Chamosonthales (Wallis), wo er zur Eisengewinnung benützt wird. *Leppla.*

Chamotte, s. Schamotte.

Chamottemörtel, s. Mörtel.

Chamottesteine, s. Feuerfeste Steine.

Champagnerflaschenlacke, s. Siegellack.

Champagnerkreide, s. Kreide.

Chaostypie, Verfahren zur Herstellung von Platten zum Druck auf der Buchdruckpresse, welche, in verschiedenen Farben und mit Gold- und Silberbronze gedruckt, ein in der Zeichnung zwar regelloses, aber durch den Uebereinanderdruck der Farben doch sehr effektvolles Bild bieten, deshalb auch sich besonders zur Verzierung von Buchumschlägen, Geschäftskarten u. dergl. eignen. Die Druckplatten erzeugt man durch Guss von Schriftmetall auf eine kalte Eisenplatte, wobei sich Höhlungen, Löcher oder Streifen in der gegossenen Platte bilden, die dann durch Aufnageln auf Holz auf die für den Buchdruck erforderliche Höhe gebracht wird; oder man erzielt eine mehr regelmässige Zeichnung in Wolken- und anderer Form durch Malen mit Deckfarben auf eine Eisenplatte, welche hierauf in das Stereotypengiessinstrument gebracht und abgegossen wird. Der Umstand, dass die in der erstbezeichneten Weise hergestellten Platten Abdrücke ergeben, die Aehnlichkeit haben mit den Ringgebirgen des Mondes, wie sie im Teleskop erscheinen, hat Veranlassung gegeben zu dem Namen Selenotypie, welcher dem Verfahren ebenfalls beigelegt wird. *Theod. Goebel.*

Chappe, s. Garn.

Charakteristik, s. Dynamomaschine und Kurven.

Charakteristik. 1. Wenig gebrauchte Bezeichnung des, gewöhnlich Kennziffer genannten, ganzzahligen Teiles eines Logarithmus; 2. bei einer Flächenschar mit Hüllfläche (Enveloppe) die Berührungskurve irgend einer der Schar angehörigen Fläche mit der Hüllfläche. Das Wort wird noch in sehr vielen

anderen Bedeutungen benützt, namentlich in den höheren Teilen der Mathematik, z. B. Charakteristik einer Kollineation (s. d.), eines Systems algebraischer Kurven [1], oder Flächen [2], einer Thetafunktion mit mehreren Veränderlichen u. s. w.

Litteratur: [1] G. Salmon-W. Fiedler, Analytische Geometrie der höheren ebenen Kurven, 2. Aufl., Leipzig 1882, Art. 390 ff. — [2] G. Salmon-W. Fiedler, Analytische Geometrie des Raumes, 2. Teil, 3. Aufl., Leipzig 1880, Art. 460 ff. *Mehmke.*

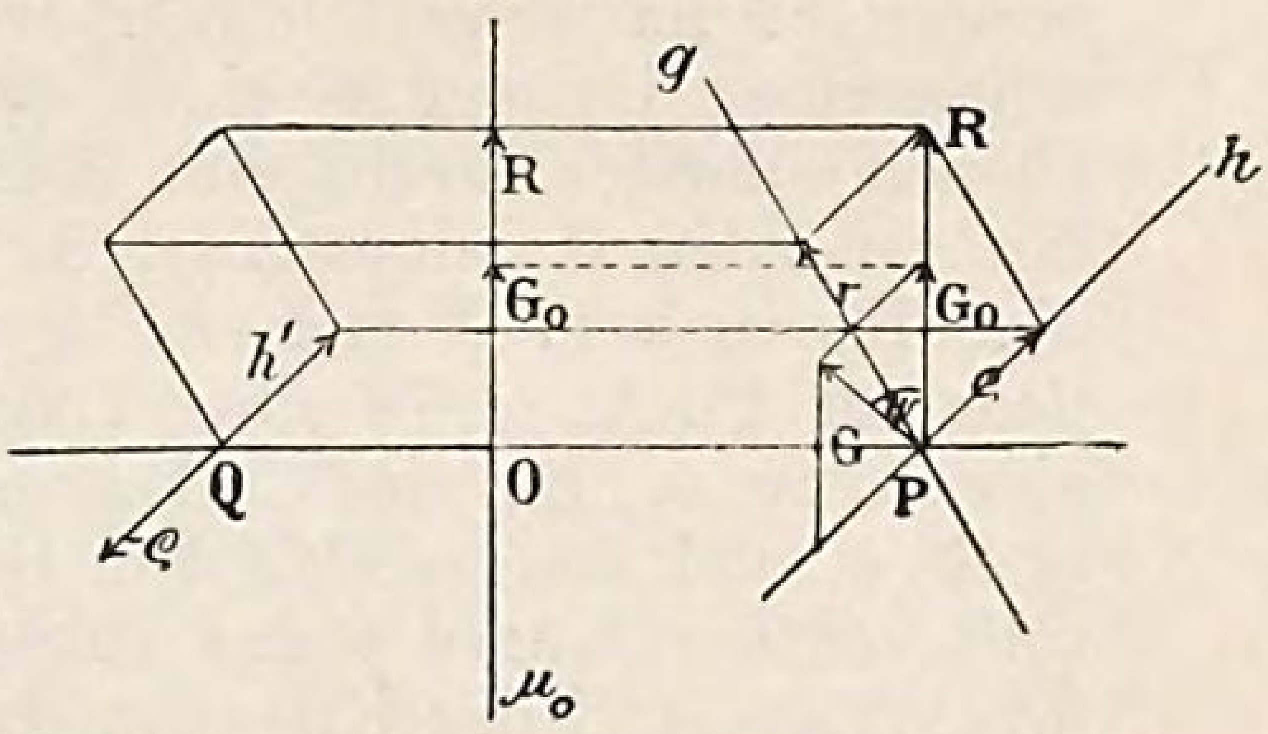
Charcutierwaren, s. Fleischwarenfabrikation.

Charlière, s. Ballon.

Charpie, s. Spinnfasern.

Charrireisen, s. Scharriren.

Chasles Satz über das Kräftetetraeder. Ein Kräftesystem, welches an einem unveränderlichen Punktsystem angreift, ist nicht in allen Fällen einer einzelnen Kraft äquivalent, wohl aber einer Einzelkraft in Verbindung mit einem Kräftepaar und zwar ist diese Aequivalenz auf unzählig viele Arten möglich. Dagegen ist es stets zwei Kräften äquivalent, deren Richtungslinien sich kreuzen und zwar ebenfalls auf unendlich viele Arten. Für alle diese Aequivalenzen ist das Tetraeder, welches aus den beiden Strecken, welche diese Kräfte darstellen, als Gegenkanten gebildet werden kann, von konstantem Volumen. Die Richtungslinie einer der beiden Kräfte ist willkürlich wählbar.



Zum Beweise dieses Satzes gehen wir von der Reduktion (R, G_0) des Kräftesystems für die Zentralaxe μ_0 aus (s. Aequivalenz der Kräfte) und sei PO der kürzeste Abstand irgend einer Geraden g, welche wir zur Richtungslinie einer der beiden Kräfte wählen wollen, welche zusammen dem Kräftesystem äquivalent sein sollen. Wir übertragen die Reduktion auf den Fusspunkt P des kürzesten Abstandes PO und bilden die Reduktion der Kräfte (R, G) für P, wofür $G \cos \psi = G_0$ ist, wenn ψ den Winkel bedeutet, den das Axenmoment G für P mit der Richtung des Reduktionsresultanten bildet und die Ebene von ψ zu PO senkrecht ist, also die drei Linien G, g, R in eine zu PO senkrechte Ebene fallen. Senkrecht zu G legen wir durch PO eine Ebene, welche die Ebene des Winkels ψ in der Geraden h scheiden wird. Die Resultante R zerfällen wir in die beiden Komponenten r und ϱ längs g und h und benützen die Rechtwinkeligkeit von dem Axenmomente G und der Komponenten ϱ zur Parallelverlegung von ϱ in jener Ebene in die Linie h', welche durch den Punkt Q auf PO zu ziehen ist, so dass $\varrho \,.\, PQ = G$, d. h. G durch das bei der Verlegung entstehende Paar $\varrho \,.\, PQ$ getilgt wird. Hierdurch ergibt sich, dass die Reduktion (R, G) des Kräftesystems und also dieses selbst der Verbindung (r, ϱ) der sich kreuzenden Kräfte r, ϱ äquivalent ist. Die Richtungslinie g von r ist hierbei willkürlich, nicht aber die Grösse von r, welche vielmehr aus der Zerlegung von R sich ergab.

Die Vollendung des rechtwinkeligen Parallelepipeds zeigt, dass dessen Volumen das Produkt aus dem Zerlegungsparallelogramm $r\varrho \sin(r\varrho)$ der Resultanten R und der Strecke PQ ist. Es ist aber $r \sin(r\varrho) = R \sin(R\varrho) = R \cos \psi$, da G zu ϱ senkrecht steht. Daher ist das Volumen $PQ \,.\, r\varrho \sin(r\varrho) = PQ \,.\, \varrho R \cos \psi$ oder weil $PQ \,.\, \varrho = G$ ist, $GR \cos \psi = G_0 R$, weil $G \cos \psi = G_0$. Es ist aber G_0 das Paar der Reduktion für die Zentralaxe und, sowie die Reduktionsresultante R, konstant für jede Wahl von g, d. h. für alle Reduktionen des Kräftesystems auf zwei sich kreuzende Kräfte $r \,.\, \varrho$. Das Volumen des genannten Parallelepipeds ist aber das sechsfache Volumen des Tetraeders aus den beiden Kräften r an P und ϱ an Q.

Man sieht, dass der Beweis den Satz darauf zurückführt, dass $GR \cos \psi$ eine Invariante des Kräftesystems ist. — Das Volumen des Tetraeders verschwindet sowohl, wenn eine der beiden Gegenkanten r, ϱ verschwindet, als auch wenn beide verschwinden, als auch, wenn beide in eine Ebene fallen. Daher gibt das Verschwinden des Kräftetetraeders kein Kriterium für die Spezialfälle der Reduktion des Kräftesystems auf eine Einzelkraft oder des Gleichgewichts derselben. Der Satz ist nicht ein spezifischer Satz von Kräften, sondern ein Satz der Theorie der Streckensysteme, welche der Resultantenbildung und der Verschiebbarkeit der Strecken als Norm unterworfen sind. Er gilt in gleicher Weise in der Theorie der Bewegungen, der Winkelgeschwindigkeiten, der Beschleunigungen etc. wie der Kräfte, weil die Theorie der Streckensysteme eine gemeinsame Grundlage für alle Systeme von Gebilden ist, welche die Darstellung durch Strecken gestatten und der genannten Norm folgen (s. die Artikel Geometrie der Bewegung, Winkelgeschwindigkeit und Winkelbeschleunigung.

Der Satz wurde von Chasles gefunden und zuerst mitgeteilt in der Correspondance mathém. von Quetelet T. VI (1828), sodann von Gergonne in den Annales de Mathém. T. XVIII, S. 372 ff. analytisch bewiesen. Möbius gab in Crolles Journ. f. reine u. angew. Mathematik Bd. 4, S. 179 ff. einen weiteren Beweis und verallgemeinerte den Satz zu folgendem: In einem System von n Kräften ist die Summe der Volumina der $\frac{1}{6}n(n-1)$ Tetraeder, welche man erhält, indem man die Kräfte paarweise als Gegenkanten von solchen verbindet, gleich dem Volumen des Tetraeders, welches aus der Verbindung zweier, dem System äquivalenten Kräften als Gegenkanten hervorgeht. Vergl. auch Möbius, Lehrbuch d. Statik, Bd. 1, S. 121 u. ff. *Schell*

Chasles'sches Prinzip der Umkehrung der Bewegung. Bei einer bestimmten allgemeinen Bewegung eines Körpers S in Bezug auf einen ruhenden Körper Σ gleitet und rollt eine mit dem bewegten Körper S verbunden gedachte Regelfläche P auf einer mit dem ruhenden Körper Σ verbunden gedachten Regelfläche Π (s. Art. Axoide); ein Punkt A des bewegten Körpers S beschreibt eine Kurve α in dem ruhenden Körper Σ und ein im ruhenden Körper Σ befindlicher Punkt A, mit dem der Punkt A in einer Lage coincidirt, beschreibt in dem bewegten Körper S eine Kurve a. Wird nun dieser Bewegungsvorgang umgekehrt, der Körper S als in Ruhe befindlich betrachtet und der Körper Σ in Bezug auf den Körper S bewegt, dann rollt und gleitet die mit dem Körper Σ verbunden gedachte Regelfläche Π auf der mit dem Körper S verbunden gedachten Regelfläche P; der Punkt A des bewegten Körpers Σ beschreibt im ruhenden Körper S die Kurve a und der Punkt A des ruhenden Körpers S beschreibt im bewegten Körper Σ die Kurve α. — Im Fall einer bestimmten allgemeinen Bewegung eines ebenen Gebildes S in der Ebene eines ruhenden ebenen Gebildes Σ rollt eine Kurve p des bewegten Gebildes S auf einer Kurve π des ruhenden Gebildes Σ (s. Art. Kinematik); ein Punkt A von S beschreibt eine Kurve α in Σ und ein im ruhenden Gebilde Σ befindlicher Punkt A, mit dem der Punkt A in einer Lage coincidirt, beschreibt im bewegten Gebilde S eine Kurve a. Bei der Umkehrung dieses Bewegungsvorganges ist das Gebilde S in Ruhe und das Gebilde Σ in Bewegung; die Kurve π des bewegten Gebildes Σ rollt auf der Kurve p des ruhenden Gebildes S, der bewegte Punkt A von Σ beschreibt in S die Kurve a, und der ruhende Punkt A von S beschreibt in Σ die Kurve α. Das Gesetz dieser Wechselbeziehung bei einer Bewegung und deren Umkehrung hat man das Chasles'sche Prinzip der Umkehrung der Bewegung genannt, weil Chasles [1] auf diese allgemeine Wechselbeziehung und die hierbei auftretende Dualität zuerst hingewiesen hat.

Litteratur: [1] Chasles, Gesch. d. Geometrie, deutsch v. Sohncke, Halle 1839, Note 34, S. 447.

Chasse Marée, s. Segelschiffstypen. *Burmester.*

Chattak (Chittak), britisch-indisches Handelsgewicht = 5 Tolas = 58,3 g.

Chatterton compound, s. Telegraph.

Chausseen sind Kunststrassen, deren Oberfläche im Gegensatz zu den natürlichen Erdwegen und zu den schon früher bekannten gepflasterten städtischen Strassen durch eine Versteinung (Beschotterung, s. d.) befestigt ist und deren Ursprung wie der Name aus Frankreich stammt (s. Steinschlagpflaster und Strassenbau). *L. von Willmann.*

Chaussirung, s. Beschotterung.

Chaux métallique, s. Kobaltrosa.

Chemiglyphie, s. Glyphographie.

Chemigraphie, s. v. w. Zinkographie.

Chemisch-Blasengrün, s. Lackfarben.

Chemischbraun, s. Hatschetts Braun.

Chemische Affinität, s. Verwandtschaft, chemische.

Chemische Aufbereitung umfasst diejenigen chemischen Prozesse, welche in die Aufbereitung (s. d.) eingeschaltet werden, um die Trennung solcher Erze zu ermöglichen oder zu erleichtern, deren spezifische Gewichte sich sehr nahe stehen. Die häufigsten Arbeiten der chemischen Aufbereitung sind das Rösten oder Brennen, die Laugerei, d. h. Extraktion mittelst wässeriger Lösungen und die Amalgamation des Freigoldes. Bei der derzeitigen Wichtigkeit des Goldbergbaus nimmt auch die Amalgamation (früher Anquicken genannt) besonderes Interesse in Anspruch; sie erfolgt durch Eintragen von Quecksilber in die Pochwerke, durch Leiten der goldhaltigen Pochtrübe über amalgamirte Kupfer-

platten und durch Behandeln der Goldschliege in besonderen Gold- oder Quickmühlen (es sind das kleine Oberläufermühlen, in denen sich ein Quecksilberbad befindet). Der Erzschlieg wird in innige Berührung mit dem Quecksilber gebracht, das Gold von letzterem aufgenommen und später durch Destillation getrennt.

Litteratur: Gaetzschmann, Die Aufbereitung, Leipzig 1872, Bd. 2, S. 559. — Rittinger, Lehrbuch der Aufbereitungskunde, Berlin 1867, S. 467; desgl. II. Nachtrag, Berlin 1873, S. 64. — Schmeisser, Ueber Vorkommen und Gewinnung der nutzbaren Mineralien in der Südafrikanischen Republik (Transvaal) etc., Berlin 1894, S. 98. *Treptow.*

Chemische Harmonika, s. Wasserstoff.

Chemische Zündung, s. Seeminen.

Chemisenpapier, s. Papiersorten.

Chemitypie, von dem Dänen Piil anfangs der vierziger Jahre dieses Jahrhunderts erfunden, ist das nachstehend beschriebene Verfahren: Eine feinpolirte Zinkplatte wird mit einem Aetzgrund aus Kolophonium, Asphalt und Wachs leicht und gleichmässig überzogen; auf diesen wird die Zeichnung gepaust und sodann in denselben radirt, indes nur so weit, als zum Blosslegen der Zinkplatte erforderlich ist. Das Aetzen geschieht entweder mit verdünnter Salpetersäure oder mit einer aus Regenwasser, Salpetersäure, Holzessig und Salmiak zusammengesetzten Aetzflüssigkeit; zum Ausfüllen der geätzten Zeichnung wird ein leichtflüssiges, aus 13 Teilen Blei, 16 Teilen Zinn und 7 Teilen Wismut zusammengesetztes Metall genommen, welches man in dünne Stäbchen formt, mit denen die über einer Spiritusflamme erhitzte Zinkplatte überfahren wird, sie wiederholt in Lötwasser tauchend, um ein festes Einschmelzen des Metalles in die Zeichnung zu erzielen. Ist diese vollkommen und gleichmässig gefüllt, so werden alle überschiessenden Metallteile abgeschliffen oder abgeschabt und es wird alsdann zum Aetzen geschritten, was in der gewöhnlichen Weise so lange fortgesetzt wird, bis die Platte das nötige Druckrelief erlangt hat und damit druckfertig geworden ist. Die Erwartung, dass die Chemitypie den Holzschnitt ersetzen werde, hat sich nicht erfüllt, da die Zeichnung schon wegen der überall gleichen Höhe der Linien — denn ein Ausflachen wie beim Holzschnitt ist unmöglich — beim Druck stets eine gewisse Härte zeigen muss in den fein auslaufenden Partien, überdies aber auch das Metall der Chemitypie weder die Druckfarbe so gut annimmt, noch so gut an das Papier abgibt wie der Holzschnitt. Zum Druck von Landkarten ist sie jedoch vielfach mit Nutzen verwendet worden, da das Verfahren billiger ist als Lithographie oder Kupferstich. Seit Vervollkommnung der Zinkographie (s. d.) wird die Chemitypie aber auch für die Kartenherstellung nur noch selten angewendet. *Theod. Goebel.*

Chemnitzer Leiter, s. Mechanische Feuerleitern.

Chenille, zu Stickereien, als Putz, zur Herstellung ganzer Tücher (Chenilletücher) verwendete Schnur vom Aussehen einer behaarten Raupe. Die Kette besteht aus 3—7 mit leinenen Fäden abwechselnden Seidenfäden, der Einschlag aus bunter Seide. Ein 9—15 cm breit gewebtes Band wird mit der Chenilleschneidemaschine in Längsstreifen geschnitten, die Leinwandfäden herausgezogen und sodann die Kettenfäden mit dem ausgefransten Schusse ähnlich wie Seilerwaren zu einer Schnur zusammen gedreht. Hauptsitz der Fabrikation in Deutschland ist Chemnitz.

Chessylith, s. v. w. Kupferlasur.

Chevilliren der Seide, in der Seidenfärberei Operation zur Steigerung des Glanzes der gefärbten Faser. Die Arbeit wird nach dem Färben der Strangseide vorgenommen. Besonders wichtig ist diese Operation bei der Soupleseide. — Das Chevilliren wird in der Weise ausgeführt, dass die Seidensträhne mehrmals, abwechselnd nach links und nach rechts, um sich selbst aufgedreht werden, wodurch sich die einzelnen Fäden durch die gegenseitige Reibung und den grossen Druck glätten.

Diese Operation, die früher von Hand am Wringpfahl mit Hilfe des Windnagels (Chevillon) ausgeführt wurde, erforderte eine gewisse Uebung und Routine. In grösseren Färbereien wird jetzt das Chevilliren fast ausschliesslich auf den Chevillirmaschinen ausgeführt, denen das Prinzip der Handarbeit zu Grunde liegt. Die Strähne werden an zwei Zapfen gehängt, wovon der untere sich nach rechts und dann nach links dreht, gleichzeitig eine Bewegung nach oben ausführend, die der Verkürzung der Strähne durch die Umwicklung entspricht. *J. B. Weckerlin.*

Cheviot, s. Weberei und Tuchfabrikation.

Chevreaux sind sumachgare Ziegenfelle, die hauptsächlich für Schuhmacherzwecke Verwendung finden.

Chiaroscuro, s. Holzschneidekunst.

Chiastolith, s. Andalusit.

Chiastolithschiefer, s. Fleckschiefer.

Chica (Carajuru), roter Farbstoff, $C_8H_8O_3$, aus den Blättern der Bignonia Chica (Südamerika), kommt als zinnoberrotes Pulver in den Handel. Der Farbstoff nimmt durch Reiben Metallglanz an, ist in Fetten, Alkohol und Alkalien löslich und kann aus der alkalischen Lösung durch Säuren gefällt werden. Dient zum Gelb- und Rotfärben der Seide.

Chilisalpeter, Natronsalpeter, Natriumnitrat, salpetersaures Natrium oder Natron, $NaNo_3$; Mol.-Gew. 85; spez. Gew. 2,26. In reinem Zustande bildet er farblose, durchsichtige Rhomboëder; im Wasser leicht löslich (kalt 8:10, heiss 20:10), an der Luft zerfliessend, bei 310° schmelzbar. Wie alle Salze der Stickstoffsäuren gibt er seinen Sauerstoff zum grössten Teile leicht ab. Der Rohsalpeter, welcher in Chile und Peru in Nestern oder ausgedehnteren Ablagerungen vorkommt und nur von dünnen Erd- oder Felstrümmerkrusten bedeckt ist, wird durch sehr einfachen Tagebau (mit Sprengarbeit) gewonnen, um dann in den Salpeterwerken, gröblich zerkleinert, durch Löse-, Klärungs- und Kristallisationsarbeiten gereinigt zu werden. Zur Lösung benützt man jetzt Apparate, welche nach dem Prinzip der Shank'schen Apparate (s. Soda) angeordnet sind. In derartigen, durch Dampf heizbaren Auslaugebatterien gewinnt man eine Lösung von etwa 1,54 spez. Gew., welche nach der Klärung in die Kristallisirgefässe läuft. Nach beendigter Kristallisation wird die Mutterlauge abgezogen. Die Kristalle werden auf geneigte Pritschen geschaufelt. Nachdem dort die Mutterlauge hinreichend abgetropft ist, wird der Salpeter auf eine niedriger angelegte Arbeitsbühne geworfen, wo sich die Vorrichtungen zum Einsacken befinden. In Säcke verpackt, ist er dann zum Versande fertig. Aus den Mutterlaugen wird in den meisten Werken zunächst das Jod ausgefällt (s. Jod), worauf sie in die Laugerei zurückgeschickt werden. Die minderwertige Ware wird für Düngezwecke (vergl. unten) benützt, die reinere dient zur Fabrikation von Salpetersäure, Kalisalpeter (s. Salpeter), Natriumnitrit, Bleioxyd u. s. w.

Litteratur: [1] Stohmann und Kerl, Encyklop. Handbuch der techn. Chemie, 4. Aufl., Braunschweig 1889. — [2] Hunter in Industries and Iron, Bd. 14, S. 544, und Bd. 15, S. 89, London 1893 (hierbei zahlreiche photographische Abbildungen). *Borchers.*

Chilisalpeter ist das wichtigste der käuflichen Stickstoff-Düngemittel. Wenn man die Wirkung seines Stickstoffs gleich 100 setzt, so ist die des Stickstoffs des schwefelsauren Ammoniaks nach Paul Wagner [1] = 90 und die des organischen Stickstoffs = 65. Diese höhere Wirkung erklärt sich aus dem Umstande, dass die Pflanze den Stickstoff fast nur in Gestalt von salpetersauren Salzen aufnimmt und der Chilisalpeter — salpetersaures Natron — den Stickstoff in dieser für die Pflanzen fertigen Form enthält, während der Stickstoff der anderen Stickstoff-Düngemittel erst nitrificirt werden muss und der Nitrificirungsprozess mehr oder weniger grosse Verluste an Stickstoff zur Folge hat. Als Rohmaterial dient der Rohsalpeter, „Caliche" genannt. Der Natronsalpetergehalt des Rohsalpeters schwankt zwischen 17 und 50%, der in den Handel gebrachte, an der Gewinnungsstelle gereinigte Chilisalpeter enthält hingegen 95% Natronsalpeter. Der Konsum ist im steten Wachsen begriffen und war die Gesamtverschiffung an Salpeter von allen Häfen der Westküste Südamerikas im Jahre 1893 = 939699 Tons (à 1000 Kilo), die Einfuhr in den Hamburger Hafen im Jahre 1893 war 292600 Tons, woraus ersichtlich ist, dass Deutschland fast ein Drittel der Gesamtproduktion konsumirt.

Litteratur: [1] Wagner, Die Stickstoff-Düngung der landwirtschaftlichen Kulturpflanzen. Berlin 1892. — [2] Weitz, Der landwirtschaftliche Raubbau, 3. Aufl., Berlin 1894. *Weitz.*

Chilly, s. unter Pfeffer.

China-clay, s. v. w. Thon, s. Kaolin und Appretmittel.

Chinagelb, s. Rauschgelb.

Chinagras (Ramie), s. Spinnfasern.

Chinasilber, s. unter Neusilber.

Chiné, Bezeichnung für mit flammigen Mustern gewebtes Zeug. Daher Chinage, Chinirung, in der Weberei das Verfahren, durch welches bunte Stoffe ein flammirtes Aussehen erhalten. Vergl. Weberei.

Chinesergelb, s. Ocker.

Chinesische Bohrmethode, s. Tiefbohren.

Chinesischer Baustil, sehr eigenartig gestaltet, kann als eine originelle Weiterbildung der indischen Formenwelt betrachtet werden. Er charakterisirt sich namentlich als Holzbau und zwar selbst dann, wenn er in einem andern Materiale durchgeführt erscheint. Die Tempel sind zumeist nicht gross und bestehen aus einem turmartigen Bau von mehreren sich nach oben zu verjüngenden Geschossen, von welchen jede Etage durch ein wunderlich geschweiftes Dachwerk abgeschlossen erscheint. Unter dem reichen Schnitzwerke des Daches spielt der Drache die hervorragendste Rolle und ausserdem pflegt der Rand mit zahlreichen Glöckchen verziert zu sein (Fig. 1). Auch hohe Turmbauten sind in China recht beliebt und werden Tha genannt; in ihrer Form nähern sie sich dem Tempelbau, nur sind sie weit schlanker und höher gebildet. Auch sie bestehen aus mehreren, durch Dachwerk abgeschlossenen Geschossen. Der bekannteste Bau dieser Art ist der Porzellanturm zu Nanking; dieser ist 70 m hoch und besteht aus neun Stockwerken. Das Aeussere desselben ist durch bunt bemalte und reich vergoldete Porzellanplatten ausgezeichnet. Sehr beliebt sind in den chinesischen Städten die Ehrenpforten, Pä-lu genannt, welche ausgezeichneten Persönlichkeiten auf Befehl des Kaisers errichtet werden [1]. Sie befinden sich auf den Strassen und besitzen einen oder drei Durchgänge; ihrem Stile nach sind sie, obgleich grösstenteils Steinbauwerke, dem Holzbau entnommen. Mehrere senkrechte Stützen werden durch eine grössere Anzahl wagrechter Querhölzer mit einander verbunden und durch weit vorragende phantastische Dächer nach oben abgeschlossen (Fig. 2). Ausserdem sind, der ältesten Zeit angehörend, imposante Befestigungs- und Nützlichkeitsbauten vorhanden, so insbesondere die berühmte chinesische Mauer, grossartige Kanalanlagen, mächtige Brückenbauten etc.



Fig. 2. Chinesische Ehrenpforte.

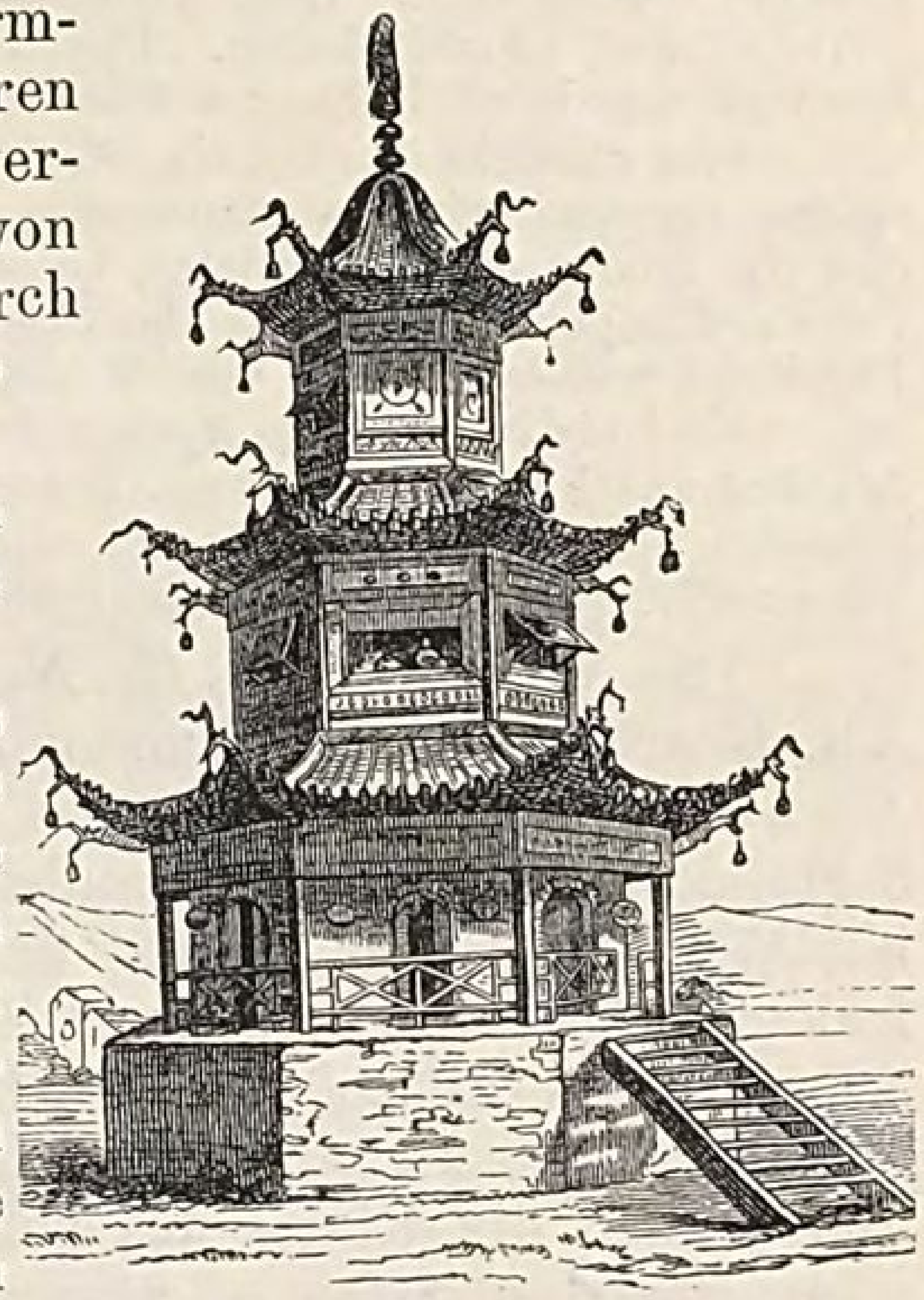


Fig. 1. Chinesischer Tempel.

Litteratur: [1] W. Lübke, Grundriss der Kunstgeschichte, 10. Aufl., Stuttgart 1887.

von Schubert.

Chinesischer Talg, s. Talg, vegetabilischer.

Chinesisches Papier, s. Papiersorten.

Chinesische Tusche, s. Zeichenmittel.

Chinesisch Grün (grüner oder chinesischer Indigo, Lokao), aus dem Safte von Rhamnus chlorophorus und Rh. utilis (China) gewonnener grüner Farbstoff, der sich durch die Eigenschaft auszeichnet, auch bei künstlichem Licht rein grün zu erscheinen. Seit einige grüne Teerfarbstoffe bekannt geworden sind, welche diese Eigentümlichkeit mindestens ebenso stark besitzen, findet das chinesich Grün in der Färberei und Zeugdruckerei nur noch wenig Verwendung.

Chinesischrot, s. Zinnober.

Chinin, das wichtigste Alkaloïd aus der Reihe der Chinabasen, welche in grosser Anzahl in den Rinden der Gattungen Cinchona und Remijia

vorkommen (s. u.) Von diesen Substanzen, welche sich in den Rinden nicht als solche, sondern in Verbindung mit Chinasäure, Chinagerbsäure, Oxalsäure und anderen Säuren finden, sind die folgenden vier, je zwei einander isomer, in reinem Zustand dargestellt und näher untersucht worden: Cinchonin und Cinchonidin $C_{19}H_{22}N_2O$, Chinin und Chinidin $C_{20}H_{24}N_2O_2$ oder $C_{19}H_{21}N_2O(OCH_3)$. Wie man sieht, unterscheiden sich die beiden letzteren Basen von den ersteren nur durch den Mehrgehalt einer Methoxyl-Gruppe (OCH_3); ihre Konstitution harrt jedoch trotz zahlreicher Untersuchungen noch der völligen Aufklärung.

Cinchonin, $C_{19}H_{22}N_2O$, findet sich in allen Chinarinden neben dem Chinin und kristallisirt in glänzenden, bei 257° schmelzenden Prismen, welche in Wasser unlöslich, in Alkohol löslich sind. Beim Erhitzen mit Aetzkali zerfällt es in ein Gemisch von homologen Pyridin- und Chinolinbasen. Physiologisch ist es schwächer wirksam als Chinin. In reinem Zustand wurde es 1820 von Pelletier und Caventou zuerst isolirt.

Cinchonidin, $C_{19}H_{22}N_2O$, mit dem vorigen isomer, kommt in den meisten Chinarinden vor und wird in glänzenden, rhombischen Prismen erhalten, welche bei 206,5° schmelzen und die Ebene des polarisirten Lichts nach links drehen. Es liefert eine grosse Reihe derselben Umwandlungsprodukte, wie das Cinchonin und auch bei der Destillation mit Aetzkali Chinolin. Entdeckt wurde es 1848 von Winkler.

Chinidin, $C_{20}H_{24}N_2O_2 + 2^1/_2 H_2O$, aus Alkohol in Prismen mit einem Molekül Kristall-Alkohol anschiessend, ist dem Chinin isomer und ist ebenfalls in allen Chinarinden enthalten. Es schmilzt bei 168°, ist in Wasser wenig, in Alkohol reichlicher löslich und verhält sich in seinen Umwandlungen dem Chinin sehr ähnlich. — Das Conchinin des Handels ist Chinidinsulfat.

Das Chinin, $C_{20}H_{24}N_2O_2$, wird aus seinen Salzlösungen durch Alkalien, Alkalikarbonate oder Ammoniak in weissen Flocken gefällt, welche sich beim Verweilen des Niederschlages in der Flüssigkeit in mikroskopische Prismen mit 3 Molekülen Wasser umwandeln. Diese Kristalle schmelzen unter Wasserabgabe bei 57°; der Schmelzpunkt der wasserfreien Base liegt bei 177°. Das wasserfreie Chinin ist sehr schwer löslich in Wasser, Aether und Benzin, leichter in Alkohol und Benzol und leicht löslich in Chloroform und Schwefelkohlenstoff. Alle diese Lösungen zeigen einen rein bitteren Geschmack, alkalische Reaktion und drehen die Ebene des polarisirten Lichtes stark nach links. Die Lösungen seiner meisten Salze — ausgenommen sind die der Halogenwasserstoffsäuren — zeichnen sich durch eine prachtvolle blaue Fluorescenz aus. Eine wässerige Chininlösung wird durch Chlor- oder Bromwasser und Ammoniak smaragdgrün gefärbt (Chiningrün). Dieselbe Färbung zeigt das Chinidin. In alkoholischer Lösung dient dieses Chiningrün zum Färben von Wolle, Seide und Baumwolle nach vorherigem Beizen mit Eiweiss. Das Chinin ist eine zweisäurige Base, welche sich mit Säuren zu neutralen und sauren Salzen von intensiv bitterem Geschmack verbindet. Von diesen Salzen, welche mit Metallsalzen zu Doppelverbindungen zusammenzutreten vermögen, besitzen ihrer therapeutischen Verwendung wegen das schwefelsaure, salzsaure und gerbsaure Salz hervorragende Bedeutung (s. u.).

Die zahlreichen, zur Aufklärung der Konstitution des Chinins unternommenen Untersuchungen haben bis jetzt noch wenig positive Resultate gezeitigt. Dieselben weisen darauf hin, dass die Chinabasen als Derivate des Chinolins aufzufassen sind, und haben ergeben, dass das Chinin eine Hydroxyl- (OH) und eine Methoxylgruppe (OCH_3) enthält, durch welch letztere es sich vom Cinchonin unterscheidet. Behufs Lösung der Konstitutionsfrage verdient und findet demnach gerade die letztere Base die grösste Beachtung der Chemiker. Ueber die Untersuchungen selbst s. [1].

Für die Darstellung des Chinins sind die Rinden von Cinchona succirubra, Cinchona officinalis und Cinchona Calisaya von Wichtigkeit, welche, ursprünglich in den Cordillerenthälern von Peru, Ecuador und Bolivien heimisch, jetzt vorzugsweise in Ostindien, auf Ceylon, Jamaica und Java kultivirt werden. Die Rinden kommen vielfach in Form von Schnitzeln (shavings) in den Handel und enthalten 1—8 % Chinin. Eine Abart der Cinchona Calisaya, die Cinchona Calisaya var. Ledgeriana, welche auf Java kultivirt wird, enthält sogar bis zu 12 % Chinin. Die Darstellung des Chinins lässt sich natürlich nur in allgemeinen Zügen angeben, da besonders die sehr schwierige Trennung der einzelnen Alkaloïde von einander von den Fabriken als Geheimnis sorgsam gehütet wird. Die fein gepulverten Rinden werden zunächst zur Abscheidung der Basen aus ihren Salzen mit Kalkmilch bis zur alkalischen Reaktion behandelt. Alsdann bieten sich zur Extraktion der Alkaloïde zwei Wege dar: Beim sogen. Dekantir-Verfahren

werden die wie vorbeschrieben behandelten Rinden in mit Rührwerk versehenen Apparaten mit hochsiedenden Mineralölen, z. B. Paraffinöl, durchgerührt und das Verfahren bis zur Erschöpfung der Rinden wiederholt. Nach Beendigung der Operation lässt man die Rinden absetzen, hebt das Oel, welches die Alkaloïde gelöst enthält, ab und entzieht diese der Lösung durch Schütteln mit verdünnter Schwefelsäure. Beim Deplacir-Verfahren kommen in mit Senkböden versehenen Gefässen Weingeist oder niedriger siedende Mineralöle zur Verwendung. Zur Gewinnung der Alkaloïde destillirt man dann das Lösungsmittel ab und zieht den in der Destillirblase verbleibenden harzigen Rückstand mit verdünnter Schwefelsäure aus. Die — gleichgiltig nach welcher Methode — gewonnene schwefelsaure Lösung enthält nun sämtliche in der Rinde vorhandenen Alkaloïde, zu deren Trennung die erhitzte Lösung mit Soda neutralisirt wird; es kristallisirt dann beim Erkalten die Hauptmenge des Chinins als unreines Sulfat aus; das noch in den Laugen befindliche wird mittelst Seignettesalz als Tartrat abgeschieden. Die Weiterverarbeitung dieser verschiedenen Gemenge auf die einzelnen Bestandteile ist, wie erwähnt, Geheimnis der betreffenden Fabriken, welche zur Trennung wohl die verschiedene Löslichkeit der Sulfate in Weingeist benützen, oder das neutrale Chininsulfat erst in das saure Salz überführen und dies durch Umkristallisiren reinigen. Das saure Salz wird dann durch Absaugen und Ausschleudern von der Mutterlauge getrennt, durch vorsichtiges Neutralisiren seiner erwärmten wässerigen Lösung mit Soda wieder in das neutrale Salz zurückgeführt, mit Tierkohle entfärbt und aus der filtrirten Lösung das neutrale Sulfat durch Auskristallisiren gewonnen.

Das Chininsulfat, Chininum sulfuricum, $(C_{20}H_{24}N_2O_2)_2 . H_2SO_4 + 7 H_2O$, kristallisirt in weissen, glänzenden, biegsamen Nadeln, welche in 25—30 Teilen kochendem, in 750—800 Teilen kaltem Wasser löslich sind. — Das salzsaure Salz, Chininum hydrochloricum s. muriaticum, $C_{20}H_{24}N_2O_2 . HCl$, durch Umsetzung des Chininsulfates in warmer, wässeriger Lösung mit Chlorbaryum entstehend und durch Kristallisirenlassen der vom Baryumsulfat abfiltrirten und erkalteten Lösung gewonnen, bildet weisse, nadelförmige Kristalle, welche in 34 Teilen Wasser und in 3 Teilen Weingeist ohne Fluorescenz löslich sind. — Das gerbsaure Chinin, Chininum tannicum, ist ein gelblich-weisses, amorphes, wenig in Wasser, mehr in Weingeist lösliches Pulver von schwach bitterem Geschmack. Offizinell ist noch das Chinineisencitrat, glänzende, dunkelrotbraune Blättchen von eisenartigem, bitterem Geschmack. — Eingehende Angaben über die Darstellung der einzelnen Chininpräparate, ihre Aufbewahrung, Prüfung auf ihre Reinheit u. s. f. finden sich unter [2].

Die bekannte Verwendung des Chinins und seiner Präparate als Arzneimittel gründet sich auf die ausgezeichneten, fieberstillenden Wirkungen desselben, so namentlich gegen die Wechselfieber. Nach neueren Untersuchungen in tropischen Sumpfgegenden soll der tägliche Genuss von kleinen Gaben prophylaktisch den Körper für die Malariainfektion weniger empfänglich machen. Der jährliche Verbrauch von Chinin ist daher ein ganz bedeutender und wird auf der ganzen Erde auf etwa 200 000 kg geschätzt, wobei diese Ziffer in stetem Steigen begriffen ist. Den grössten Teil hievon produzirt Deutschland; so betrug 1893 die Einfuhr von Chinin und Chininpräparaten 10 900 kg gegen eine Ausfuhr von 156 700 kg. Der Preis für 1 kg schwefelsaures Chinin beläuft sich jetzt auf 30 *M.*, im ersten Jahre der Produktion dieses Salzes betrug er 1370 *M.*! Das Chinin wurde gleichzeitig mit dem Cinchonin von Pelletier und Caventou 1820 isolirt, nachdem schon früher Fourcroy, Vauquelin und Gomez vorbereitende Untersuchungen über die wirksamen Bestandteile der Chinarinden angestellt hatten. Pelletier richtete auch die erste Chininfabrik bei Paris ein; dieselbe produzirte schon seit 1822 bedeutende Mengen von Chinin, welche als Sulfat in den Handel kamen. Dieses Salz ist dann bis heute das handelsübliche geblieben.

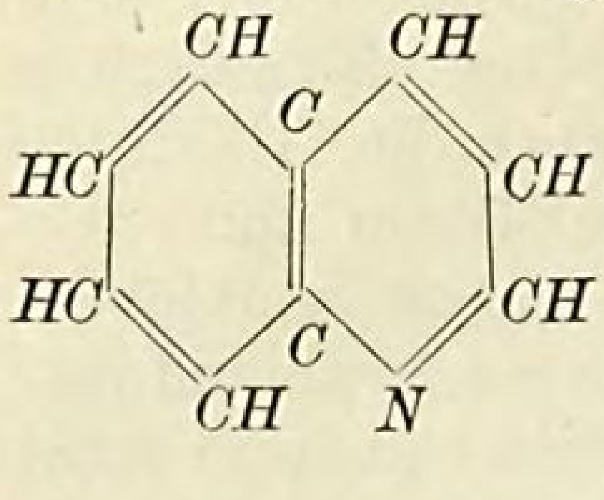
Litteratur: [1] von Buchka, Die Chemie des Pyridins und seiner Derivate, Braunschweig 1889—91, S. 568 ff. — [2] Hager, Fischer und Hartwich, Kommentar zum Arzneibuch für das Deutsche Reich, Berlin 1891, Bd. 1, S. 448—465. *W. Kerp.*

Chiningrün, s. unter Chinin.

Chiniren, s. Flammiren.

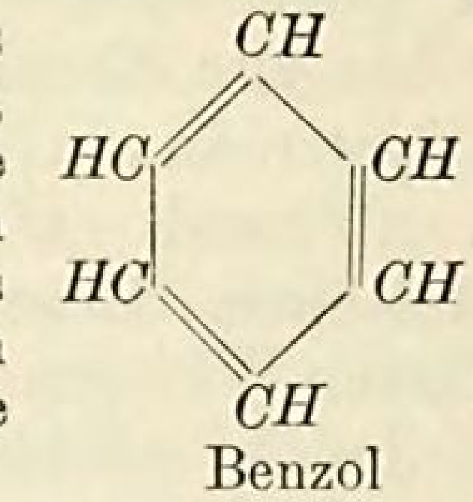
Chinolin, eine organische, basische Verbindung, in geringer Menge im Knochenöl und Steinkohlenteer vorkommend, welche schon darum ein besonderes Interesse beansprucht, weil sie neben dem Pyridin als Stammsubstanz vieler Alkaloïde (s. d.) erkannt worden ist.

In seinem ganzen Verhalten den Benzolkörpern analog, findet die Konstitution des Chinolins in der folgenden Formulirung ihren Ausdruck:

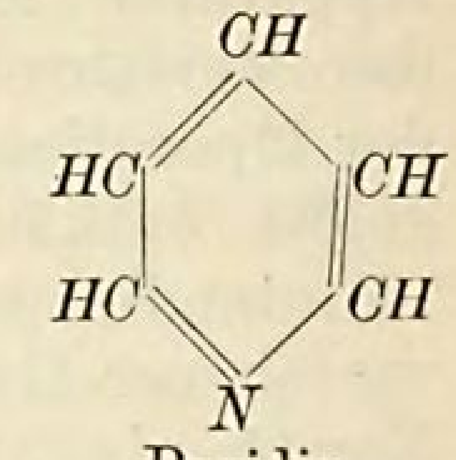


$= C_9H_7N$.

Darnach erscheint das Chinolin als ein Naphthalin, in welchem eine *CH*-Gruppe durch ein Stickstoff-(*N*-)Atom ersetzt ist, gleichwie sich das Pyridin vom Benzol durch Ersatz einer *CH*-Gruppe durch *N* ableitet:

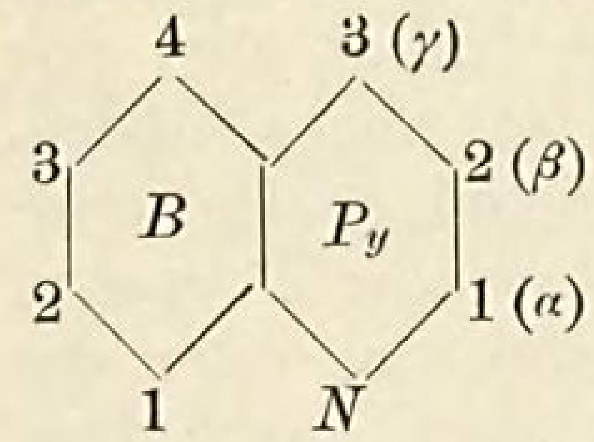


Benzol



Pyridin.

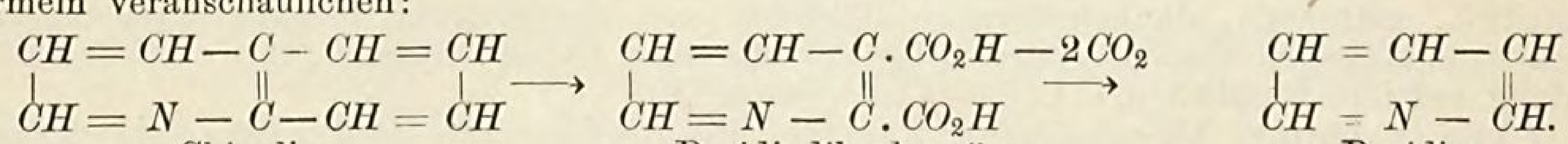
Und gleichwie das Naphthalin aus zwei symmetrisch kondensirten Benzolkernen besteht, so findet sich im Chinolin ein Benzolring mit einem Pyridinring verbunden vor. Demgemäss wird der das *N*-Atom enthaltende Ring als *Py*-Ring von dem Benzol-Ring — dem *B*-Ring — unterschieden und die einzelnen Wasserstoffatome, wie aus folgendem Schema ersichtlich, bezeichnet:



Durch Ersatz der Wasserstoffatome durch die mannigfachsten Gruppen — Alkyle, Halogene, die *OH*-, NH_2-, *COOH*-Gruppe u. s. f. — leiten sich nun vom Chinolin zahlreiche Substitutionsprodukte ab, die in derselben Weise in Stellungsisomeren auftreten, wie dies beim Benzol entwickelt wurde (s. auch Aromatische Verbindungen). Wie ein Blick auf nebenstehendes Schema lehrt, sind von Mono-Substitutionsprodukten allein 7 Isomere möglich.

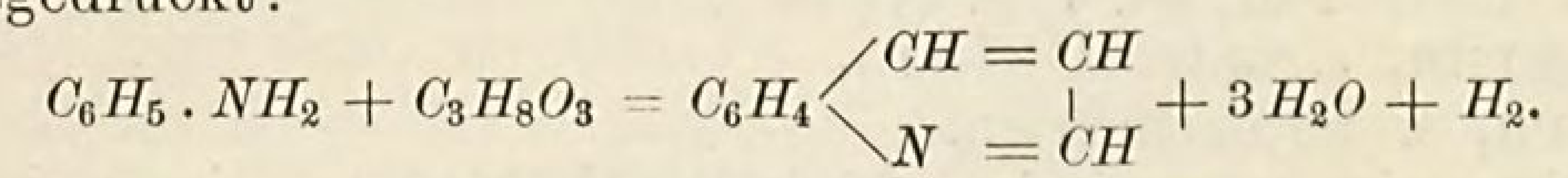
Das Chinolin ist eine farblose, stark lichtbrechende Flüssigkeit von eigentümlichem, unangenehmem Geruch (in Wasser unlöslich, in Alkohol löslich), siedet bei 239° und besitzt bei 20° das spez. Gew. 1,095. Es ist ein tertiäres Amin (s. Aromatische Basen), bildet als solches mit 1 Aequivalent der Säuren kristallinische, leicht lösliche Salze und verbindet sich mit den Alkyljodiden zu gelben, kristallinischen Ammoniumjodiden. Durch Ersatz eines oder mehrerer Wasserstoffatome durch die Alkylreste entstehen die sogen. Chinolinbasen, — z. B. die Methylchinoline oder Chinaldine — in Wasser schwer, in Alkohol und Aether leicht lösliche Flüssigkeiten von durchdringendem Geruch. Durch Oxydation mit Kaliumpermanganat wird beim Chinolin und seinen Derivaten der Benzolkern zerstört und es entstehen Karbonsäuren des Pyridins.

Auf diese Weise kann man vom Chinolin zum Pyridin selbst gelangen, wie dies folgende Formeln veranschaulichen:



Chinolin. → Pyridindikarbonsäure. → Pyridin.

Isomer mit dem Chinolin und ihm ganz analog ist das Isochinolin C_9H_7N, welches das Stickstoffatom zu einem der beiden Ringen gemeinsamen *C*-Atome in Metastellung enthält. — Das Chinolin entsteht durch Destillation vieler Alkaloïde mit Aetzkali. Dargestellt wird es auf synthetischem Wege. Von den zahlreichen Methoden, welche zur Darstellung des Chinolins und seiner Derivate aufgefunden worden sind, mögen hier nur die angeführt werden, welche eine technische Verwendung gefunden haben. — Nach der Methode von Skraup [2] werden 1,9 kg Anilin mit 1,2 kg Nitrobenzol, 6 kg Glycerin und 5 kg Schwefelsäure vom spez. Gew. 1,848 mehrere Stunden lang auf 130—140° erhitzt. Nach beendeter Reaktion wird mit Wasser verdünnt, das Nitrobenzol mit Wasserdampf abgeblasen, der Rückstand dann mit Natronlauge übersättigt und das Chinolin mit Wasserdampf abdestillirt. Zu seiner Reinigung wird es in das saure Sulfat übergeführt. Bei dieser Reaktion entsteht aus dem Glycerin wahrscheinlich erst Akroleïn (s. d.), welches mit dem Anilin zu Akroleïnanilin zusammen tritt. Dieses wird dann durch die Schwefelsäure und das zugesetzte Nitrobenzol, welches lediglich Oxydationsmittel ist, unter Abspaltung von 2 *H*-Atomen zum Chinolin oxydirt und der Reaktionsverlauf daher durch folgende Gleichung ausgedrückt:



Das Verfahren ist von allgemeinster Geltung, da die homologen Aniline, die Toluidine etc., die Naphthylamine, Chlor-, Brom-, Nitroaniline, Amidophenole, Amidosulfosäuren u. s. f. in der gleichen Weise reagiren. — Eine analoge Reaktion besteht in der Kondensation von Anilinen mit Aldehyden unter dem Einfluss von starker Schwefel- oder Salzsäure [3]. Hierbei kondensiren

sich zwei Moleküle des angewendeten Aldehyds zum ungesättigten Aldehyd, welcher dann mit dem Anilin die Chinolinbase bildet, nach folgender Gleichung:

$$C_6H_5 . NH_2 + 2 C_2H_4O = C_6H_4 \left\langle \begin{array}{l} CH = CH \\ \quad\quad\; | \\ N \;= C(CH_3) \end{array} \right. + 2 H_2O + H_2$$

Acetaldehyd α-Methylchinolin oder Chinaldin.

Dasselbe Chinaldin entsteht nach einem Verfahren, welches in den Höchster Farbwerken (vormals Meister, Lucius & Brüning) in Anwendung ist [4], durch Reduktion des o-Nitro-Benzylidenacetons:

$$(NO_2) C_6H_4 . CH = CH . CO . CH_3 + 3 H_2 = C_6H_4 \left\langle \begin{array}{l} CH = CH \\ \quad\quad\; | \\ N \;= C(CH_3) \end{array} \right. + 3 H_2O.$$

Auf 20 Teile des Ketons werden 75 Teile Zinnchlorür, 75 Teile Salzsäure vom spez. Gew. 1,2, mit der gleichen Menge Wasser verdünnt, angewendet. Die Bildung des Methylchinolins erfolgt unter starker Wärmeentwicklung; nach deren Beendigung wird das Reaktionsprodukt mit Kalkmilch im Ueberschuss versetzt und die Base im Dampfstrom abdestillirt.

Weiteres über Chinolin s. [1]. Das Chinolin findet Anwendung in der Farbenfabrikation (s. Farbstoffe, künstliche organische), sowie neuerdings in der Medizin als energisches Antiseptikum und Antipyretikum, und zwar nicht nur das Chinolin allein, sondern auch eine grosse Anzahl seiner Derivate [5]. — Das Chinolin wurde 1834 im Steinkohlenteeröl von Runge [6] entdeckt und Leucol genannt; Gerhardt erhielt es 1842 durch Destillation von Chinin oder Cinchonin mit Kalihydrat [7] und nannte es Quinoleïne, welcher Name von Wöhler in Chinolin umgeändert wurde. A. W. Hofmann wies dann die Identität des Leucols mit dem Chinolin nach [8].

Litteratur: [1] von Buchka, Die Chemie des Pyridins und seiner Derivate, Braunschweig 1889—1891, S. 17, 19, 26—30, 246—251, 441—447. — [2] Berichte der deutschen chem. Gesellschaft Bd. 14, S. 1002. — [3] Döbner u. von Miller, ebenda, Bd. 14, S. 2816; Bd. 15, S. 3075; Bd. 16, 1664; Bd. 17, S. 1712; Bd. 18, S. 3360. — [4] Friedländer, ebenda, Bd. 16, S. 1833. — [5] Dahl & Co., Barmen, D. R. P. 65102, 60308, 65111. — [6] Poggendorffs Annalen Bd. 31, S. 68. — [7] Annalen der Chemie. Bd. 42, S. 310; Bd. 44, S. 279. — [8] Ebenda, Bd. 47, S. 31; Bd. 74, S. 15.

W. Kerp.

Chinolinfarbstoffe, Chinonfarbstoffe, s. Farbstoffe, künstliche organische.

Chiolith, s. Kryolith.

Chipolin, Anstrich mit Wasserfarbe, auf welchen ein Lacküberzug (nur auf Holz) gemacht und fein geschliffen und polirt wird, erteilt dem Gegenstand ein porzellanartiges Ansehen.

Chirotheriensandstein wird ein in Mitteldeutschland als oberste Abteilung der mittleren Buntsandsteinformation auftretender Sandstein bezeichnet, welcher an einigen Orten Fährten (Abdrücke des drei- und vierzehigen Fusses) eines im übrigen unbekannten Tieres der Vorwelt (Chirotherium) zeigen. Die in der Regel nur wenige Meter mächtigen Sandsteine haben meist eine helle, gelbe, graue oder weisse Farbe, oft dunkle Flecken und Tupfen, ziemlich feines Korn, meist ein kieseliges, seltener ein kalkiges Bindemittel. Sie werden in Thüringen vielfach zu rauhem Mauerwerk und zu Hausteinen verwendet. *Leppla.*

Chladnis Klangfiguren, s. Klangfiguren.

Chloanthit, Arseniknickel, ein Arsennickelerz = As_2Ni (28,2 % *Ni*, 71,8 % *As*) kristallisirt regulär, meist derb, feinkörnig bis dicht, mitunter stänglich; spröd; zinnweiss, leicht grau und schwarz anlaufend oder im verwitterten Zustand einen grünen Beschlag von Nickelblüte zeigend. Härte 5,5, spez. Gew. 6,4—6,8. Gibt im Kolben Arsen unter Rotfärbung ab; schmilzt leicht auf Kohle vor dem Lötrohr unter Abgabe von Arsenrauch. Löslich in Salpetersäure mit grüner Farbe. Wird zur Gewinnung von Arsen und Nickel benützt. Ihm nahe steht der Weissnickelkies, der bei gleicher chemischer Zusammensetzung rhombisch kristallisirt und ebenfalls zur Arsen- und Nickelgewinnung benützt wird. *Leppla.*

Chlor, *Cl*, Atomgewicht 35,5, spez. Gew. (Luft = 1) 2,45 (Wasser = 1) 0,00318, bei gewöhnlicher Temperatur und normalem Drucke ein grüngelbes Gas von eigenartigem Geruche, durch einen Druck von 4 Atmosphären bei gewöhnlicher Temperatur oder durch Abkühlung auf unter -40^0 bei gewöhnlichem Drucke zu einer gelben, durchsichtigen Flüssigkeit verdichtbar. Es löst sich leicht in Wasser; eine gesättigte wässerige Lösung erstarrt in einer Kältemischung zu einer Kristallmasse der Zusammensetzung $Cl_2 + 8 H_2O$, dem sogen.

Chlorhydrat. Die wässerige Lösung des Chlors zersetzt sich, besonders unter Einwirkung auch des zerstreuten Sonnenlichts unter Sauerstoffabgabe: $H_2O + Cl_2 = 2HCl + O$; unter Lichtabschluss in kühlen Räumen aufbewahrt, hält sie sich lange unverändert. Chlor geht mit allen Grundstoffen, mit den meisten unter bedeutender Energieentwicklung, chemische Verbindungen ein. In vielen Punkten gleicht es dem Sauerstoffe, so besonders darin, dass es selbst nicht brennt, aber die Verbrennung fast aller in Sauerstoff brennbaren Körper unter Bildung von Chloriden ebenfalls unterhält. Es übertrifft den Sauerstoff an Energie insofern, als es schon bei gewöhnlicher Temperatur stark chlorirend und bei Gegenwart von Wasser auch oxydirend wirkt. So greift es schon in verdünntem Zustande, als Gas sowie als Flüssigkeit alle organischen Stoffe, tierische und pflanzliche Gewebe, Farbstoffe etc. energisch an; es ist daher ein starkes Gift, besonders für niedere Tiere und Pflanzen. In der Natur kommt es in freiem Zustande nicht vor, findet sich aber in den zahlreichen, in mächtigen Lagern auftretenden Chloriden, von denen für die technische Chlorgewinnung hauptsächlich die des Natriums (s. Kochsalz) und des Magnesiums in Betracht kommen. Das erstere dient zwar zunächst zur Sodafabrikation; doch werden bei dieser Verarbeitung andere Chloride, wie Salzsäure (HCl), Calciumchlorid ($CaCl_2$) und Magnesiumchlorid ($MgCl_2$) erhalten, deren Verwertung heute für die meisten Sodafabriken eine Lebensfrage ist. Dazu tritt ferner das Bedürfnis der Verwertung der grossen Mengen von Magnesiumsalzen, welche in Stassfurt und anderen Kalisalinen der Provinzen Sachsen und Hannover neben den Kalisalzen gewonnen werden. Schliesslich sind auch während der letzten Jahre beachtenswerte Fortschritte in der direkten Zerlegung des natürlich vorkommenden Kochsalzes in Natriumverbindungen und Chlor, bezw. Chlorverbindungen vermittelst Elektrizität gemacht worden. Die Sichtung der diesbezüglichen zahlreichen Patentvorschläge durch praktische Versuche ist jedoch noch unerledigt. Mit Ausnahme der letzten, noch im Versuchsstadium stehenden Arbeitsweise beruhen alle übrigen Prozesse der Chlorgewinnung auf einer Oxydation der in den Chloriden an Chlor gebundenen Stoffe: $2HCl + O = H_2O + Cl_2$ und $MgCl_2 + O = MgO + Cl_2$.
Für diese Oxydationsprozesse wurde anfangs nur der Sauerstoff des Mangansuperoxydes (Braunstein, Pyrolusit), MnO_2, später der Sauerstoff der Luft benützt. Die älteste Arbeitsweise entsprach also dem durch folgende Formel dargestellten Vorgange: $4HCl + MnO_2 = MnCl_2 + 2H_2O + Cl_2$.
Dass anfangs auch statt der Salzsäure ein Gemisch von Kochsalz und Schwefelsäure benützt wurde, ändert an dem durch diese Formel ausgedrückten Prinzipe nichts, denn durch die Schwefelsäure wird ja aus dem Kochsalze Salzsäure entwickelt. Als Apparate dienten je nach dem Umfange des Betriebes entweder Steinzeuggefässe, gusseiserne Kessel mit Bleihauben, oder aus dichtem Sandsteine mit Teerthonkitt gemauerte Behälter. Eine vorzügliche Zusammenstellung und kritische Besprechung der Apparate und Arbeitsmethoden findet sich in [1].

Die erste Abweichung von diesem bereits von Scheele 1774 angegebenen Verfahren bestand in der Wiedergewinnung des Mangandioxydes aus den Manganchlorürlaugen, so dass jenes wieder zur Chlorentwicklung tauglich würde — der erste Schritt zur Nutzbarmachung des Sauerstoffs der Luft — durch Weldon: die Manganchlorürlaugen wurden gleichzeitig mit einem Ueberschusse von gelöschtem Kalk und Luft behandelt. Ein Teil des Calciumoxydhydrates wird dabei zur Abscheidung von Manganoxydulhydrat verbraucht, letzteres wird durch den Sauerstoff der Luft zu Mangandioxyd oxydirt und bildet mit dem anderen Teile Kalk ein manganigsaures Salz (Manganschlamm, Wildonschlamm, Chlorbereitungsrückstände), ein Vereinigungsprodukt von Mangandioxyd und Kalk, welches nun wieder bei der Behandlung mit Säuren Chlor liefern kann. Folgende Formeln erklären die Vorgänge: $MnCl_2 + Ca(OH)_2 = CaCl_2 + Mn(OH)_2$; $Mn(OH)_2 + O = MnO_2 + H_2O$; $MnO_2 + Ca(OH)_2 = CaMnO_3 + H_2O$;

$$CaMnO_3 + 6HCl = CaCl_2 + MnCl_2 + 6H_2O + Cl_2.$$

Nach Einführung der Braunstein-Regeneration nach Weldon bestand der Chlorgewinnungsprozess also schon in einer Oxydation der Salzsäure durch den Sauerstoff der Luft unter Vermittelung von Manganverbindungen. Aber wie man sieht, musste man auch trotz dieser Verbesserung auf jedes Molekül Chlor, Cl_2, eine gleich grosse Menge Chlor als wertloses Chlorid, $CaCl_2$, verloren geben. Dies möglichst zu vermeiden ist das Kennzeichen der neueren Chlorgewinnungsprozesse. Zu denselben gehört zunächst der Deacon-Prozess, nach welchem Salzsäure durch Luftsauerstoff unter Vermittelung von Kupferverbindungen oxydirt wird. Zu diesem Zwecke wird über mit Kupferchloridlösung getränkte Ziegelsteinbrocken ein erhitztes Gemisch von Salzsäure und Luft geleitet. Durch wiederholte Zersetzung und Rückbildung des Kupferchlorides erhält man Chlor

und Wasser. Das Verfahren hat nur beschränkte Anwendung gefunden. Von den neueren Verfahren dieser Art, unter deren Erfindern die mit der Soda- und Chlorindustrie schon lange eng verknüpften Namen von Weldon, Solvay, Mond u. a. hervorragen, möge nur noch das Weldon-Pechiney-Verfahren erwähnt sein, da dieses wenigstens auf einzelnen Werken die grössten Schwierigkeiten überwunden zu haben scheint. Nach demselben werden Lösungen von Magnesiumchlorid so weit eingedampft, als dies ohne Zersetzung ($MgCl_2 + H_2O = MgO + 2\,HCl$) möglich ist. Nun wird der heissen Flüssigkeit Magnesia beigemischt, so dass ein wasserhaltiges Oxychlorid, $MgO.MgCl_2.6\,H_2O$, entsteht. Dieses wird nach vorgängiger Zerkleinerung auf eine bestimmte Korngrösse (25—40 mm) zunächst in Kanalöfen bei Temperaturen von 250—300° getrocknet und dann durch heisse Luft in vorgewärmten Oefen in Magnesia und Chlor zerlegt. Die Magnesia geht wieder in den Betrieb zurück. So glatt, wie die eingangs aufgestellten Formeln die Vorgänge darstellen, verlaufen sie begreiflicherweise in der Praxis nicht; doch können hier unmöglich alle Schwierigkeiten und Einzelheiten der Chlorgewinnung erörtert werden. Die Neuauflage von [1] wird den jetzigen Stand dieses mit der Soda- und Kalisalzfabrikation so eng verknüpften Industriezweiges jedenfalls mit derselben Gründlichkeit darstellen, wie dies in [1] für die Zeit zu Ende der siebenziger Jahre geschehen ist.

Das nach dem einen oder andern Verfahren erhaltene Chlor wird nun entweder in Chlorate (s. Kaliumchlorat u. a.), Hypochloride (s. Chlorkalk, Chlornatron u. a.) oder durch Druck und Abkühlung in flüssiges Chlor übergeführt und in diesen Formen in den Handel gebracht. Es findet als Bleich- und Desinfektionsmittel die ausgedehnteste Anwendung; in der chemischen Industrie dient es als Chlorirungs- und kräftiges Oxydationsmittel. Als Bezugsquellen für diese Chlorprodukte sind in erster Linie die Sodafabriken zu nennen, auch Ammoniaksodafabriken beteiligen sich schon an der Konkurrenz. Flüssiges Chlor wird in den Preislisten vieler chemischen Fabriken zu 1,50—2 *M.* per kg (in eisernen Flaschen) geführt. — Das Chlor wurde 1774 durch Scheele entdeckt, seine Natur als Grundstoff aber erst 1810 von Davy festgestellt.

Litteratur: [1] Lunge, Handbuch der Sodaindustrie, Braunschweig 1879 (die 2. Auflage dieses Werkes ist seit 1893 im Erscheinen begriffen). — [2] Stohmann u. Kerl, Encyklop. Handbuch der Techn. Chemie, 4. Aufl., Braunschweig 1889. — [3] Wagner-Fischer, Handbuch der chem. Technologie, 14. Aufl., Leipzig 1893.

Borchers.

Chloräthyl, s. Aethylchlorid.

Chloral, s. Chloralhydrat.

Chloralhydrat, eine aus dem Chloral (s. u.) durch Addition von 1 Molekül Wasser entstehende organische Verbindung von der Konstitution $CCl_3-CH\langle^{OH}_{OH}$. Dieselbe bildet grosse monokline Kristalle, ist leicht in Wasser löslich, schmilzt bei 57° und siedet bei 96—98° unter Zerfall in Chloral und Wasser. Auch beim Mischen von Chloralhydrat mit konzentrirter Schwefelsäure wird Chloral zurückgebildet. Die Vereinigung des Chlorals mit Wasser — durch Schütteln molekularer Mengen der beiden Komponenten — geschieht unter Wärmeentwicklung. Beim Erkalten erstarrt das Reaktionsprodukt zu einem Kristallbrei. Giesst man dasselbe noch vor dem Erstarren in flache Schalen, so bildet das Chloralhydrat Platten, die zerschlagen in den Handel kommen. In wohl ausgebildeten Kristallen wird es erhalten, wenn man die geschmolzene Masse langsam abkühlen lässt und vor dem völligen Festwerden den noch flüssigen Anteil abgiesst. Das Chloralhydrat ist ein bekanntes Schlafmittel, welches namentlich bei nervösen Aufregungszuständen angewendet wird; ausserdem dient es zur Darstellung eines sehr reinen Chloroforms (s. d.). — Die physiologischen Wirkungen werden nun nicht erst durch die Vereinigung des Chlorals mit Wasser hervorgerufen, sondern sie sind vielmehr dem Chloral eigentümlich und man gibt in der praktischen Verwendung dieser Verbindung dem Hydrat nur deshalb den Vorzug, weil es äusserst handlich und bei weitem haltbarer als die Muttersubstanz ist. — Diese, das Chloral, besitzt die Zusammensetzung $CCl_3 \cdot CHO$ und stellt also den dreifach chlorirten Acetaldehyd (s. d.) dar. Dementsprechend zeigt das Chloral die für die Aldehyde (s. d.) charakteristischen Reaktionen. Es ist eine ölige Flüssigkeit von scharfem, durchdringendem Geruch, siedet bei 97,7° und besitzt bei 20° das spez. Gew. 1,512. Mit Wasser an sich nicht mischbar, vereinigt es sich mit demselben unter den oben geschilderten Erscheinungen zu Chloralhydrat. Mit Alkohol tritt das Chloral zu einer ganz analogen Verbindung, dem Chloralalkoholat, $CCl_3 \cdot CH\langle^{OH}_{OC_2H_5}$, zusammen, Additionsreaktionen, welche

die eigentlichen Aldehyde nicht zeigen und für das Chloral charakteristisch sind. Beim Aufbewahren, namentlich bei Gegenwart geringer Mengen Schwefelsäure geht das Chloral in ein festes polymeres — das Metachloral — über. Ammoniakalische Silberlösung wird unter Spiegelbildung reduzirt, rauchende Salpetersäure oxydirt zu Trichloressigsäure; wässerige Alkalien spalten schon in der Kälte in Chloroform und ameisensaures Alkali:

$$CCl_3.CHO + KOH = CCl_3H + HCOOK.$$

Das Chloral wird dargestellt durch Chloriren von Alkohol, indem man einen langsamen Strom von sorgsam gewaschenem und dann getrocknetem Chlor zunächst unter Kühlung, später unter Erwärmung mit Dampf in Alkohol leitet, so lange, als noch Chlor absorbirt wird, wozu im Durchschnitt 6—10 Tage erforderlich sind. Hierbei werden die ersten Absorptionsgefässe mit schon teilweise mit Chlor gesättigtem, „angechlortem" Alkohol beschickt. Nach Beendigung der Operation, während welcher fortwährend Salzsäure entweicht, wird das Reaktionsprodukt, welches nach dem Erkalten eine kristallinische Masse von wesentlich Chloralalkoholat (s. o.) darstellt, zur Zersetzung desselben in mit Rückflusskühler versehenen Apparaten mit konzentrirter Schwefelsäure so lange erwärmt, als noch Salzsäure entweicht und das ölförmig abgeschiedene, oben schwimmende Chloral entweder abgezogen oder abdestillirt. Bei dieser letzteren Operation darf die Temperatur der Flüssigkeit 100° nicht überschreiten, da sonst ein Teil der entstandenen Nebenprodukte mit übergehen und das Chloral verunreinigen würde. Das Destillat wird durch Schütteln mit etwas Wasser und kohlensaurem Kalk von Salzsäure befreit und dann rektifizirt. Der Reaktionsverlauf der Bildung von Chloral aus Alkohol lässt sich einfach ausdrücken durch die zwei Gleichungen:

$$CH_3.CH_2(OH) + Cl_2 = CH_3.CHO + 2\,HCl$$
$$CH_3.CHO + 3\,Cl_2 = CCl_3.CHO + 3\,HCl.$$

Doch deuten die in bedeutenden Mengen entstehenden Nebenprodukte darauf hin, dass die Reaktion komplizirter verläuft.

Das Chloral wird zur Darstellung von Chloralhydrat verwendet. Zuerst von Liebig 1832 durch Chloriren von Alkohol gewonnen, wurde es in seiner Zusammensetzung von Dumas richtig erkannt. 1869 entdeckte Liebreich seine bekannten physiologischen Wirkungen. Liebreich wurde zur Untersuchung des Chlorals nach dieser Richtung durch den Gedanken geleitet, dass das Chloral im Organismus in Chloroform zerfallen möchte. Doch haben spätere Untersuchungen diese Vermutung nicht bestätigt [2]. Weiteres über Chloral s. unter [1].

Litteratur: [1] Beilstein, Handbuch der organischen Chemie, 3. Aufl., Hamburg und Leipzig 1893, Bd. 1, S. 929. — [2] v. Mering und Musculus, Berichte der deutschen chem. Gesellschaft, 8, 662.

W. Kerp.

Chloralum (Chloralium), Handelsname einer unreinen, besonders arsen- und bleihaltigen Lösung von Aluminiumchlorid. Die Lösung wird aus schwefelsaurer Thonerde und Chlorcalcium dargestellt, dient zum Karbonisiren der Wolle, wohl auch als Desinfektionsmittel.

Chloraluminium, s. v. w. Aluminiumchlorid (s. d.).

Chorammonium, s. v. w. Salmiak (s. d.).

Chlorate sind Salze der nur in verdünnter, wässeriger Lösung darstellbaren, leicht zersetzlichen, als solche also technisch unwichtigen Chlorsäure $HClO_3$. S. besonders Kaliumchlorat.

Chloration (Plattners), s. Goldproben.

Chlorbaryum, s. v. w. Baryumchlorid.

Chlorblei, s. v. w. Bleichlorid.

Chlorbromsilber, s. Bromsilber.

Chlorcalcium, s. v. w. Calciumchlorid.

Chloren der Wolle. Behandelt man die Wollfaser nach dem Entfetten und Bleichen mit verdünnten Chlorkalklösungen, so wird dieselbe aufnahmefähiger für Farbstoffe. Von dieser Thatsache macht man in der Färberei weniger Gebrauch als im Wollmousselinedruck. Die meisten Anilinfarbstoffe, auf unchlorirte Wolle gedruckt, sehen unegal aus und werden durch das Dämpfen teilweise reduzirt, was besonders beim Fonddruck stark zum Ausdruck kommt. Auf gechlorter Wolle hingegen erhält man brillante und egale Drucke. Die chemische Wirkung des Chlorkalkes auf die Wollfaser ist noch nicht genau bekannt, sie ist jedoch ganz verschieden von der Wirkung des Chlorkalkes auf die vegetabilische Faser. Während die Wirkung bei der Baumwolle eine langsame ist, ist sie bei der Wolle eine sehr rasche. In einer, höchstens zwei Minuten ist das ganze im Bade befindliche Chlor von der Wollfaser absorbirt und kann

man sogar mit Indigokarminlösung kein Chlor mehr nachweisen. Hieraus folgt, dass man, um eine rationelle Chlorirung der zum Druck bestimmten Wollstücke herbeizuführen, die gut angenetzten Stücke auf einmal in die Chlorkalkflotte geben muss, die von vorn herein die für die Stückwaren berechnete Chlorkalkmenge enthält (für helle und mittlere Nuancen 3 % Chlorkalk vom Gewicht der Wolle, für dunkle Töne und Schwarz 5 %). Diese Operation wird nun entweder so ausgeführt, dass man den Chlorkalk mit der entsprechenden Menge Salzsäure versetzt oder nach dem Chloren die Stücke durch Salzsäure nimmt; die erstere Methode wird in der Praxis bevorzugt. Es sind auch schon Chlorirungsmaschinen im Gebrauch, bei welchen eine fortwährende Speisung der Chlorkalkflotte während des Durchganges der Stücke stattfindet; doch liegen noch keine Mitteilungen vor, wie sich dieselben bewährt haben. — Behandelt man die Wolle in zu starken Chlorbädern, so erleidet die Textur dieser Faser eine Veränderung; das schuppenartige Aussehen (unterm Mikroskop) verschwindet und die Wolle wird hart und brüchig.

Vor einiger Zeit brachte man auch sogen. Seidenwolle in den Handel, die den Griff und Glanz der Cocon-Seide zeigte. Das Verfahren blieb nicht lange Geheimnis, und heute dürfte wohl die Herstellung der Seidenwolle jedem Färber bekannt sein. — Harte Wollgarne werden nach gründlichem Entfetten in einer dünnen Chlorkalklösung kalt behandelt, abgesäuert, hierauf bei 70° C. geseift und dann nochmals abgesäuert. Das Chloren ruft den Glanz hervor (dasselbe kann übrigens auch durch eine Behandlung mit Salpetersäure erreicht werden), die auf der Faser ausgeschiedene Fettsäure verursacht das „Krachen". Der Artikel hat die anfängliche Beachtung verloren, jedenfalls auch aus dem Grunde, weil sich der Griff mit der Zeit verliert und die Garne einen fettigen Geruch annehmen. *J. B. Weckerlin.*

Chloride nennt man die Verbindungen des Chlors mit den Grundstoffen und verschiedenen, besonders organischen Radikalen. Als Chloride im engeren Sinne bezeichnet man die in ihrer Zusammensetzung von den Oxyden sich ableitenden Chlorverbindungen, während die Chlorüre den Oxydulen entsprechen. Die wichtigsten Chloride sind die der Metalle, welche mit wenigen Ausnahmen (z. B. Kochsalz) unter dem von dem betreffenden Metalle abgeleiteten Stichworte (s. Bleichlorid) zu finden sind. *Borchers.*

Chlorimetrie, Zweig der analytischen Chemie, welcher die quantitative Bestimmung der im Chlorkalk und in ähnlichen Bleichmitteln enthaltenen Menge Chlor zur Aufgabe hat. Von der in den Bleichsalzen enthaltenen Chlormenge hängt allein der Handelswert der Ware ab. Die Methoden der Chlorimetrie sind sehr zahlreich, sie beruhen jedoch sämtlich auf der Eigenschaft des Chlors und der unterchlorigen Säure, bei Gegenwart von Wasser oxydirend zu wirken. Entweder wird die Menge einer oxydirbaren Substanz bestimmt, welche durch eine abgewogene Menge Chlorkalk oxydirt wird, oder umgekehrt die Menge Chlorkalk, welche zur Oxydation einer bekannten Menge der oxydirbaren Substanz erforderlich ist. Am häufigsten dienen arsenige Säure und schwefelsaures Eisenoxydul als oxydirbare Körper. Der Chlorgehalt wird entweder in Gewichtsprozenten (Deutschland, England, Amerika, Russland) oder in Graden (Frankreich) angegeben. Letztere drücken aus, wie viel Liter Chlorgas aus 1 kg Chlorkalk entwickelt werden können (bei 0° und 760 mm Barometerstand). Multiplizirt man die französischen Grade mit 0,318, so erhält man die Gewichtsprozente.

Litteratur: Wagner-Fischer, Chemische Technologie, 14. Aufl., Leipzig 1893.

Chloriren, s. Rösten und Schmelzen.

Chlorite, wasserhaltige Magnesia-Thonerde-Silikate, in denen MgO auch durch FeO, Al_2O_3 durch Fe_2O_3 vertreten sein kann. Sie sind sehr leicht spaltbar, beinahe wie Glimmer, aber die einzelnen Blättchen sind nicht so elastisch wie dieser. Die Farbe ist meist grün in verschiedenen Tönen, selten gelb und rot. Sie sind schwer schmelzbar, besonders wenn arm an Eisen, blättern sich vor dem Lötrohr auf und werden von Säuren teilweise angegriffen und zersetzt. Ihren Wassergehalt geben sie erst beim Glühen ab. Man unterscheidet: 1. Pennin, kristallisirt rhomboëdrisch. Bläulichgrün, durchsichtig bis durchscheinend. Härte 2,5, spez. Gew. 2,6—2,8. Vor dem Lötrohr sich aufblätternd und zu Email schmelzbar. Wird von Salzsäure unter Ausscheidung von flockiger Kieselsäure zersetzt. — 2. Klinochlor, Ripidolit, kristallisirt monoklin. Bläulich- bis schwärzlichgrün. Härte 2; spez. Gew. 2,55—2,8. — 3. Chlorit, lauch- bis

schwärzlichgrün, durchscheinend, schwach glänzend, mitunter perlmutterartig, sehr mild und weich, Härte 1, biegsam, aber nicht elastisch; spez. Gew. 2,78 bis 2,95. Schwer schmelzbar; wird von konzentrirter Schwefelsäure zersetzt. Viel verbreitet als sogen. chloritische Substanz, Chlorit, Chloritoid und ähnliches in älteren kristallinen Schiefern, dann als Umwandlungsprodukte von Augit, Hornblende, Biotit u. s. w. in Eruptivgesteinen, diesen bei körniger Beschaffenheit und feiner Verteilung eine gewisse Zähigkeit verleihend. *Leppla.*

Chloritgneiss wird ein Gneiss genannt, der statt des Glimmers Chlorit (s. d.) neben Quarz und Feldspat führt. Seltene, meist grobfaserige Einlagerung in der Gneissformation; technisch bedeutungslos.

Chloritschiefer, ein vorwiegend aus Chloritschuppen bestehender kristalliner Schiefer, welcher ausserdem noch Quarz, Hornblende, auch wohl Glimmer, Epidot und Magneteisen enthält. Führt häufig noch als spätere Umwandlungsprodukte auf Klüften Serpentin, Magnesit, Dolomit u. s. w. Untergeordnet und technisch ohne Bedeutung. *Leppla.*

Chlorittopfstein, eine Abart der Topfsteine (Magnesia-Silikate), besteht fast vollständig aus Chlorit, dessen Lamellen bald mikroskopisch klein, bald mehrere mm lang sind; er wird immer beträchtlich von Säuren angegriffen. Chlorittopfsteine kommen vor zu Menteschens in der Gemeinde Ossola, in der Umgegend von Pignerolles, zu Campri in der Gemeinde Camandona bei Bielle, zu Balma della Vessce in der Gemeinde Ala in Piemont, zu Trondhjem in Norwegen, Patten in Unter-Kanada, Gya und Dajpoor in Indien und dienen als Schleif- und Putzmittel. *Leppla*

Chlorkadmium, s. v. w. Kadmiumchlorid.

Chlorkali, das eigentliche Eau de Javelle oder Javelle'sche Lauge, eine Lösung von unterchlorigsaurem Kalium, wird heute fast gar nicht mehr benützt, sondern durch die unter gleichem Namen verkaufte, billigere, aber gleich wirkende Chlornatron-Lösung (s. Chlornatron) ersetzt.

Chlorkalium, s. v. w. Kaliumchlorid.

Chlorkalk, Bleichkalk, Bleichpulver, Bleaching powder, enthält als wirksamen Bestandteil das unterchlorigsaure Natrium oder Calciumhypochlorit, $Ca(OCl)_2$, gemischt mit Calciumchlorid und Kalkhydrat. Die beiden Salze, das Hypochlorit und das Chlorid sind wahrscheinlich chemisch vereinigt: $Ca(OCl)_2 + CaCl_2 = 2\,CaOCl_2$. Der Chlorkalk bildet ein weisses, mehr oder weniger lockeres, oft mit zusammengeballten Klumpen durchsetztes Pulver, welches bis auf einen Rückstand von unzersetztem Calciumoxydhydrat in Wasser löslich ist. Es zersetzt sich leicht beim Erwärmen oder bei der Berührung mit oxydirbaren Substanzen unter Abgabe von Chlor. Auch durch Säuren wird es leicht unter Chlorentwicklung zerlegt:

$$Ca(OCl)_2 + 4\,HCl = CaCl_2 + 2\,H_2O + 2\,Cl_2$$
$$Ca(OCl)_2 + CaCl_2 + 2\,H_2SO_4 = 2\,CaSO_4 + 2\,H_2O + 2\,Cl_2.$$

Chlorkalk ist ein starkes Gift, besonders für niedere tierische und pflanzliche Organismen. Die Wirkung des Chlorkalks beruht hauptsächlich auf der leichten Chlorabgabe. — Zur Darstellung des Chlorkalks lässt man in gemauerten, eisernen oder bleiernen Kammern Chlor bei niedriger Temperatur mit dünn aufgeschichtetem, nach einiger Zeit umzuarbeitendem, zu trockenem Pulver gelöschtem Kalk in Berührung kommen. Hierbei findet folgende Umsetzung statt:

$$2\,Ca(HO)_2 + 2\,Cl_2 = Ca(OCl)_2 + CaCl_2 + 2\,H_2O.$$

Nach erfolgter Absättigung des Kalkpulvers mit Chlor wird es, nötigenfalls nach vorherigem Sieben, direkt verpackt. Der fertige Chlorkalk sollte etwa 35 % wirksames (durch Säuren abscheidbares) Chlor enthalten. — Die elektrolytische Darstellung des Chlorkalkes wird zwar schon in grossem Massstabe betrieben, befindet sich aber immer noch im Versuchsstadium. Sie besteht darin, dass man bei der Elektrolyse wässeriger Lösungen der Alkalichloride das an der Anode auftretende Chlor mit Calciumoxydhydrat vereinigt. — Sehr eingehend ist die Chlorkalkgewinnung als Nebenzweig der Sodaindustrie, aber auch in Vergleich mit anderen Chlorkalkverfahren in [1], von welchem eine zweite Auflage im Erscheinen begriffen ist, geschildert. — Anwendungen: als Bleichmittel

in der Baumwoll-, Leinen- und Papierindustrie, als Desinfektionsmittel und in zahlreichen Zweigen der chemischen Industrie als Chlorirungs- und Oxydationsmittel. — Vorläufig sind die wichtigsten Bezugsquellen für Chlorkalk noch die Leblanc-Sodafabriken, welche ihn zu ca. 140 *M.* per t auf den Markt bringen.

Litteratur: [1] Lunge, Sodaindustrie, Braunschweig 1879 (2. Aufl., seit 1893 im Erscheinen). — [2] Stohmann und Kerl, Encyklop. Handbuch der technischen Chemie, 4. Aufl., Braunschweig 1889. — [3] Wagner-Fischer, Chem. Technologie, 14. Aufl., Leipzig 1893. *Borchers.*

Chlorkalkauflöser, Vorrichtung zur Herstellung der Chlorkalklösungen für den Grossbetrieb in der Bleicherei. Die Vorteile solcher Maschinen bestehen in grösserer Leistungsfähigkeit gegenüber der Handarbeit, in grösstmöglicher Ausnützung des Chlorkalkes und bequemerem Arbeiten, da die Arbeiter durch den unangenehmen Geruch nicht belästigt werden; vergl. Bleichen, Bd. 2, S. 464.

Chlorkalkbleiche, die in der Papierfabrikation jetzt am häufigsten zur Entfärbung des Halbzeuges verwendete Bleichmethode, bei welcher das Halbzeug mit in Wasser vermengtem Chlorkalk gemischt und das Chlor durch Zersetzung mittelst Säure frei wird. S. Papierfabrikation. *Maxim. Kraft.*

Chlorkohlenoxyd, Kohlenoxychlorid, Karbonylchlorid oder gewöhnlich Phosgen, das dem hypothetischen Kohlensäurehydrat entsprechende Säurechlorid, besitzt die Konstitution $CO\langle{}^{Cl}_{Cl}$. Es ist ein farbloses, erstickend riechendes Gas von heftiger Wirkung auf die Atmungsorgane, welches sich in einer Kältemischung leicht zu einer farblosen Flüssigkeit kondensirt. Diese siedet bei $+ 8{,}2^0$, besitzt bei 0^0 das spez. Gew. 1,432 und erstarrt noch nicht bei $- 75^0$. In Benzol ist das Phosgen sehr leicht löslich. Es ist eine äusserst reaktionsfähige Verbindung.

Mit Wasser zersetzt es sich zu Kohlensäure und Salzsäure, mit Alkohol je nach der Dauer der Einwirkung zu Chlorkohlensäureester:

$$CO\langle{}^{Cl}_{OC_2H_5} \quad \text{oder zu Kohlensäureester} \quad CO\langle{}^{OC_2H_5}_{OC_2H_5}.$$

Mit erhitztem Salmiak bildet es Harnstoffchlorid oder Karbaminsäurechlorid $CO\langle{}^{NH_2}_{Cl}$. Von hervorragender Wichtigkeit aber ist seine Fähigkeit, mit Benzolkohlenwasserstoffen und deren Derivaten unter Verkettung der Karbonylgruppe — CO — mit zwei aromatischen Resten zu reagiren, eine Reaktion, welche auch für die Technik sich nutzbringend erwiesen hat (s. u.), z. B.

$$COCl_2 + 2\,C_6H_5 . N(CH_3)_2 = CO\langle{}^{C_6H_5 . N(CH_3)_2}_{C_6H_5 . N(CH_3)_2} + 2\,HCl.$$

Dimethylanilin. Tetramethyldiamidobenzophenon.

Das Phosgen entsteht durch direkte Vereinigung von Kohlenoxyd und Chlor, besonders unter Wirkung des Sonnenlichts. Auch zur Darstellung im grossen Massstab in den Fabriken bedient man sich dieser Reaktion; jedoch hat sich bei den grossen Massen der auf einander einwirkenden Gase eine Bestrahlung durch das Sonnenlicht als unnötig erwiesen. Es kommt nur darauf an, möglichst reines Kohlenoxydgas in Anwendung zu bringen. Dasselbe stellt man am besten durch Ueberleiten von reiner Kohlensäure über geglühten Zinkstaub dar [2]. Die beiden Gase lässt man dann in Gefässen, welche mit gepulverter Knochenkohle gefüllt sind, zusammentreten, leitet das entstandene gasförmige Phosgen, um es von überschüssigem Chlor zu befreien, über erwärmtes Antimon und gewinnt es nun, indem man es entweder durch Abkühlen kondensirt oder indem man es in abgekühltem Benzol auffängt. Solche Benzollösungen, welche in Glasröhren eingeschmolzen versendet werden, sind auch im Handel zu haben; doch werden die eisernen Druckflaschen mit kondensirtem Phosgen nicht mehr angetroffen, da die Farbenfabriken sich die Verbindung jetzt selbst darstellen und direkt gasförmig verwenden. Das Phosgen dient namentlich zur Herstellung von Kristallviolett und des Tetramethyldiamidobenzophenons (s. o.), des Ausgangsmaterials zur Darstellung von Viktoriablau, Auramin u. s. f. [3]. Weiteres über Phosgen s. unter [1].

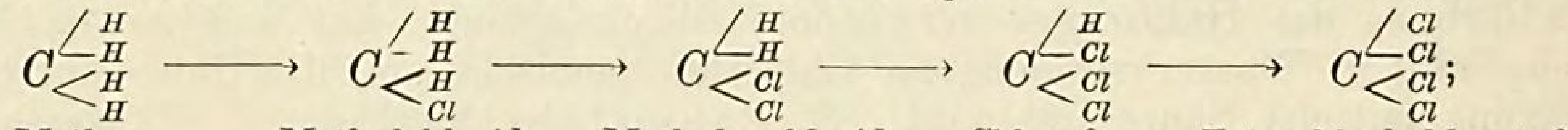
Litteratur: [1] Beilstein, Handbuch der organ. Chemie, 3. Aufl., Hamburg und Leipzig 1893, Bd. 1, S. 546. — [2] Meyer u. Jacobson, Lehrbuch der organ. Chemie, Leipzig 1893, Bd. 1, S. 1040, Anmerk. 2. — [3] Caro, Ueber die Entwicklung der Teerfarbenindustrie, Vortrag, Berichte der deutschen chem. Gesellschaft, Bd. 25, Referate, S. 1062. *W. Kerp*

Chlormagnesia oder Magnesiableichflüssigkeit gleicht in ihren Eigenschaften je nach ihrer Darstellungsmethode entweder einer Hypochlorit- (Chlorkalk-) oder einer Chloratlösung (s. Chlorkalk- und Kaliumchlorat). Man erhält sie durch Umsetzung einer Chlorkalklösung mit Magnesiumsulfat (Bittersalz) oder durch Einleiten von Chlor in Wasser, in welchem Magnesia verteilt ist. Sie dient als Bleich- und als Desinfektionsmittel. *Borchers.*

Chlormetalle, s. Chloride.

Chlormethyl, Methylchlorid, Monochlormethan, eine organische Verbindung der Zusammensetzung CH_3Cl, ist das Prototyp der sogen. Halogensubstitutionsprodukte der Fettkohlenwasserstoffe.

Diese Verbindungen, welche nach den mannigfaltigsten Methoden entstehen und in einer grossen Anzahl bekannt sind, sind aus den Kohlenwasserstoffen durch Ersatz eines bezw. mehrerer *H*-Atome durch ein bezw. mehrere Atome Halogen entstanden zu denken, z. B.



Methan — Methylchlorid — Methylenchlorid — Chloroform — Tetrachlorkohlenstoff.

$CH_3 . CH_2 . CH_3$, Propan; $CH_3 . CH_2 . CH_2Br$, normales Propylbromid; $CH_3 . CHBr . CH_3$; Ipopropylbromid.

$CH_2 = CCl_2$, α-Dichloräthylen; $CHCl = CHCl$, β-Dichloräthylen; $CH_2 = CH . CH_2J$ u. s. f. Allyljodid.

Für die organische Synthese sind dieselben von hervorragender Bedeutung, weil das Halogen in ihnen nur leicht gebunden ist und es somit gelingt, durch doppelten Austausch den Alkylrest (s. Aethyl) in andere organische Verbindungen einzuführen (s. z. B. Acetessigester-Synthesen). Weiteres über Halogensubstitutionsprodukte s. unter [1].

Das Chlormethyl, also Methan, in welchem 1 *H*-Atom durch 1 Atom Chlor ersetzt worden ist, ist ein süsslich riechendes Gas — die übrigen Halogensubstitutionsprodukte sind meist flüssig, nur die niedrig molekularen sind Gase, die hochmolekularen fest, — welches sich jedoch schon in einer Kältemischung von Eis und Chlorcalcium zu einer farblosen Flüssigkeit verdichtet, die bei —22° siedet. In Wasser sind 4 Vol., in Alkohol 35 Vol. Chlormethyl löslich.

Im Laboratorium gewinnt man das Gas durch Erhitzen eines Gemenges von 1 Teil Methylalkohol, 2 Teilen Chlornatrium und 3 Teilen Schwefelsäure, oder durch Einleiten von gasförmiger Salzsäure in kochenden Methylalkohol unter Zusatz von ½ Teil Chlorzink. Das entweichende Chlormethyl wird dann mit Kalilauge gewaschen und mit Schwefelsäure getrocknet.

Das komprimirte und in Metallcylindern in den Handel gebrachte flüssige Chlormethyl wird in Frankreich fabrikmässig aus der Schlempe der Rübenzuckermelassen (s. Melasse) gewonnen, indem man den Abdampfungsrückstand derselben trocken destillirt. Man erhält so ein wässeriges Destillat, welches neben Methylalkohol und Ammoniaksalzen Salze des Trimethylamins und anderer methylirter Amine enthält, welche aus dem in den Rüben enthaltenen Betaïn (s. d.) entstanden sind. Durch Erhitzen des salzsauren Trimethylamins mit Salzsäure werden die Methylgruppen nach folgender Gleichung als Chlormethyl abgespalten:

$$N(CH_3)_3 . HCl + 3\,HCl = NH_3 . HCl + 3\,CH_3 . Cl.$$

Das entweichende Gas wird dann, wie oben angegeben, gereinigt, getrocknet und zur Flüssigkeit komprimirt. Das Chlormethyl fand früher ausgedehnte Verwendung in der Anilinfarbenfabrikation, doch ist dieselbe jetzt wohl bedeutend eingeschränkt worden. Es dient ferner zur Herstellung von reinem Chloroform, sowie zur Kälteerzeugung. Auch in der Medizin benützt man es als lokales Anästhetikum, indem es durch seine Verdunstungskälte Empfindungslosigkeit der behandelten Stelle hervorruft.

Litteratur: [1) Beilstein, Handbuch der organ. Chemie, 3. Aufl., Hamburg und Leipzig 1893, Bd. 1, S. 141—200. *W. Kerp.*

Chlornatrium, s. v. w. Kochsalz (s. d.).

Chlornatron, Natronbleichflüssigkeit, Eau de Labarrague, auch als Eau de Javelle oder Javelle'sche Lauge verkauft, besteht aus einer Lösung von unterchlorigsaurem Natrium in Wasser. In ihrer Wirkung ist sie einer Chlorkalklösung (s. Chlorkalk) ganz gleich. Man erhält die Flüssigkeit durch Umsetzung von Chlorkalklösungen mit Soda

$$Ca(OCl)_2 + Na_2CO_3 = CaCO_3 + 2\,NaOCl,$$

kann sie auch durch Einleiten von Chlor in wässerige Lösungen von Natriumhydrat oder Soda darstellen. — Sie wird in Haushaltungen und Wäschereien,

sehr viel als Bleichmittel (vergl. Bleichen) und Fleckwasser angewendet. — Durch Ueberleiten von Chlor über schwach wasserhaltige calcinirte oder über kristallisirte Soda werden auch feste Bleichsalze erhalten, welche aber der Hauptmenge nach unzersetzte Soda mit nur geringen Mengen Natriumhypochlorit enthalten, aber mit verlockenden Anpreisungen unter den verschiedensten Namen: Bleichsoda, Chlorozon, Essence de Boulogne, in den Handel gebracht werden. Auch diese Produkte werden als Bleichmittel empfohlen. *Borchers.*

Chloroform (Trichlormethan), eine organische Verbindung, gehört zu den Halogensubstitutionsprodukten der Fettkohlenwasserstoffe (s. Chlormethyl). Es ist ein Methan, in welchem 3 *H*-Atome durch 3 Atome Chlor ersetzt sind und demgemäss besitzt es die Konstitution $C\begin{smallmatrix}H\\Cl\\Cl\\Cl\end{smallmatrix}$ oder $CHCl_3$. Die entsprechenden Brom- bezw. Jodverbindungen sind das Bromoform $CHBr_3$ und das Jodoform CHJ_3. Das Chloroform ist eine farblose, leicht bewegliche Flüssigkeit von süsslichem Geruch; in einer Kältemischung von Kohlensäure und Aether erstarrt es, schmilzt dann bei -70^0, siedet bei $+61^0$ und besitzt bei 0^0 das spez. Gew. 1,526. Das Chloroform ist wenig in Wasser löslich und seine Dämpfe sind nicht brennbar. Beim Einatmen derselben erzeugt das Chloroform Bewusst- und Gefühllosigkeit und ist daher unter den anästhetischen Mitteln (s. Anaesthetika) bei weitem das wertvollste. Jedoch hält sich das Chloroform beim Aufbewahren nicht; es entstehen unter dem Einfluss von Licht und feuchter Luft Chlor und Salzsäure und wahrscheinlich auch das auf die Atmungsorgan so energisch einwirkende Phosgen (s. Chlorkohlenoxyd). Da die Gegenwart geringer Mengen Alkohol die Haltbarkeit erhöht, so enthält auch das offizinelle Chloroform bis zu 1 % Alkohol (s. a. unten). Chlor wirkt auf Chloroform substituirend und bildet Tetrachlorkohlenstoff; mit alkoholischem Kali entsteht beim Erhitzen ameisensaures Kali. Mit alkoholischem Ammoniak bildet das Chloroform beim Erwärmen oder bei Gegenwart von Kalilauge schon bei gewöhnlicher Temperatur und unter energischer Reaktion Cyanammonium bezw. Cyankalium.

Charakteristisch für das Chloroform und gleichzeitig die primären Amine (s. Aethylamin und Anilin) und daher auch zu ihrem Nachweis dienend, ist die von A. W. Hofmann entdeckte, äusserst empfindliche Reaktion, wonach diese Substanzen bei Gegenwart von alkoholischem Kali nach folgender Gleichung auf einander einwirken:

$$CHCl_3 + H_2N.R + 3\,KOH = \underset{\text{Isonitril.}}{R.NC} + 3\,KCl + 3\,H_2O.$$

Es entstehen hierbei die durch ihren fürchterlichen Geruch gekennzeichneten Isonitrite.

Technisch wird das Chloroform durch Destillation von Alkohol mit Chlorkalk gewonnen [2].

In geschlossenen eisernen Gefässen von etwa 1,4 m Höhe und 2 m Durchmesser, welche ein Rührwerk, je ein Einleitungsrohr für Dampf und für Wasser, das Ableitungsrohr für das abdestillirende Chloroform und das Einfüllloch für den Chlorkalk enthalten, wird eine Mischung von verdünntem Alkohol und Chlorkalk in den geeigneten Verhältnissen mittelst Dampf unter Umrühren auf 40^0 erwärmt. Durch die eingetretene Reaktion steigt die Temperatur; bei 45^0 wird das Rühren eingestellt; bei 60^0 ist der Höhepunkt der Reaktion erreicht. Das gebildete Chloroform geht als feiner Sprühregen durch das Kühlrohr. Unter Umständen kann die Reaktion sehr heftig werden, ja sogar zu Explosionen Veranlassung geben. Dies sucht man zu verhindern, indem man den Apparat durch überfliessendes kaltes Wasser kühlt. Das Destillat ist ein Gemenge von verdünntem Alkohol und Chloroform und wird so lange in derselben Vorlage aufgefangen, als es mit Wasser noch Chloroform abscheidet. Bleibt das Destillat beim Verdünnen mit Wasser klar, so lässt man nunmehr wieder das Rührwerk gehen und destillirt so lange, als noch nennenswerte Mengen Alkohol übergehen. Dieses zweite Destillat wird in Druckgefässen aufgefangen, in denen es zunächst wieder auf die geeignete Konzentration gebracht wird, um nach Reinigung der Kessel von der Kalkmilch in dieselben zur Wiederholung der Operation zurückgepumpt zu werden. Das erste Destillat, welches das Chloroform enthält, trennt sich in zwei Schichten. Die obere, aus sehr verdünntem Alkohol bestehend, wird abgezogen, die untere, das Rohchloroform, zunächst mit Wasser gewaschen und zur Zerstörung anderer Chlorverbindungen mit konzentrirter Schwefelsäure geschüttelt. Das so gereinigte Chloroform wird rektifizirt, wobei die zuerst übergehenden, trüben (weingeisthaltigen) Anteile gesondert aufgefangen, nochmals gewaschen und rektifizirt werden. Zu 100 kg Chloroform sind etwa 1300 kg Chlorkalk und 100 kg Alkohol erforderlich.

Zur Entstehung des Chloroforms aus Alkohol mittelst Chlorkalk ist anzunehmen, dass der Alkohol zunächst zum Aldehyd oxydirt, dieser dann chlorirt und das entstandene Chloral durch den nun vorhandenen Aetzkalk in Ameisensäure und Chloroform gespalten wird:

1. $2CH_3.CH_2.OH + Ca(ClO)_2 = 2CH_3.CHO + CaCl_2 + 2H_2O$.
2. $2CH_3.CHO + 3Ca(ClO)_2 = 2CCl_3.CHO + 3Ca(OH)_2$.
3. $2CCl_3.CHO + Ca(OH)_2 = 2CCl_3H + (HCOO)_2Ca$ (s. Chloralhydrat).

Die durch die letzte Gleichung ausgedrückte Reaktion liegt ebenfalls einer schon beim Chloralhydrat erwähnten Darstellungsmethode zu Grunde: das durch Erwärmung von Chloralhydrat mit Kalilauge gewonnene Chloroform ist wegen seiner Reinheit besonders geschätzt. — Nach Orndorffs Vorschlag [2] kann der Alkohol ferner durch Aceton ersetzt werden. — Die Ausbeute soll 108 % des angewendeten Acetons betragen. Auch hier muss man annehmen, dass das Aceton erst in Trichloraceton übergeführt und dieses dann in Chloroform und Essigsäure gespalten wird. — In Frankreich wird Chloroform durch weiteres Chloriren von Chlormethyl (s. d.) gewonnen.

Der Verwendung des Chloroforms als Anästhetikum wurde oben schon gedacht. Die Grundbedingung eines normalen Verlaufs der Chloroformnarkose ist die völlige Reinheit des verwendeten Chloroforms, eine Bedingung, der wegen der Empfindlichkeit der Substanz gegen die Luftfeuchtigkeit nicht leicht entsprochen werden kann.

Das sogen. Chloroform-Pictet, welches diese Bedingung erfüllen soll, wird dargestellt durch Gefrierenlassen des offizinellen Chloroforms bei — 70—80°, wobei das Chloroform sich in langen Kristallen abscheidet und Abschleudern der flüssig gebliebenen Anteile, welche die Fremdkörper enthalten. Das wieder verflüssigte Chloroform wird durch Alkoholzusatz auf das vom Arzneibuch für das deutsche Reich vorgeschriebene spez. Gew. 1,485—1,489 gebracht und stellt dann das zum Anästhesiren gebrauchte Präparat dar. Aber gesetzt auch, dass es völlig gelänge, alle Fremdstoffe durch Gefrierenlassen zu entfernen, so erhebt sich dennoch die Frage, ob solche beim Aufbewahren nicht wieder in das Präparat gelangen. Von dieser Erwägung geleitet, hat R. Anschütz [3] vorgeschlagen, das von ihm durch Erhitzen von Salicylid mit überschüssigem Chloroform gewonnene und prachtvoll kristallisirende Salicylidchloroform zur Bereitung von reinem Chloroform zu benützen, indem man, da die Verbindung beim Erhitzen für sich das Chloroform wieder abspaltet, so in den Stand gesetzt ist, sich die gerade nötige Menge Chloroform mit Leichtigkeit jedesmal frisch darzustellen. Aber auch hier ist es fraglich, ob das Salicylidchloroform nun seinerseits gegen den Einfluss von Licht und Luft haltbar ist.

Fernerhin dient das Chloroform als Lösungsmittel für eine ganze Reihe von Substanzen, wie Harze, Kampfer, Guttapercha, Kautschuk, Alkaloïde, Jod, Brom etc. Schliesslich ist es neuerdings als wertvolles Antiseptikum und zur Desinfektion der Leibwäsche empfohlen worden [4]. Das Chloroform wurde 1831 gleichzeitig von Liebig [5] und Soubeiran [6] entdeckt.

Litteratur: [1] Beilstein, Handbuch der organ. Chemie, 3. Aufl., Hamburg und Leipzig 1893, Bd. 1, S. 144. — [2] F. Fischer, Handbuch der chem. Technologie, Leipzig 1893, S. 620. — [3] Annalen der Chemie, Bd. 273, S. 94. — [4] Kirchner, Zentralblatt für Agrikulturchemie, Bd. 21, S. 860. — [5] Annalen der Chemie, Bd. 1, S. 198. — [6] Annales de chimie et de physique [2], Bd. 48, S. 131. *W. Kerp*

Chloropal wird entweder ein grüner Opal (s. d.) aus Ungarn oder auch ein mit einem wasserhaltigen Eisenoxyd-Silikat ($= Fe_2Si_3O_9 + 3H_2O$) von der Beschaffenheit des Nontronit innig vermengter Opal genannt.

Chlorophan (Pyrosmaragd), grüne Varietät des Flussspates von Nertschinsk, ausgezeichnet durch starkes Phosphoresziren beim Erhitzen.

Chlorophyll, Blattgrün, Pflanzengrün (s. Farbstoffe, pflanzliche), grüner Farbstoff, der zum Färben von künstlichen Blumen, von Spielwaren, von Konditorwaren, auch von fetten und spirituösen Lacken dient und bereits fabrikmässig aus Blättern, Gras u. s. w. dargestellt wird. Es ist ziemlich lichtbeständig, verschwindet aber bei Temperaturen über 30° C. vollständig. *Andés.*

Chlorospinell, s. Spinell.

Chlorozon, s. Chlornatron.

Chlorplatin, s. Platin.

Chlorquecksilber, Kalomel oder Quecksilberhornerz, natürliches Quecksilberchlorür, $= HgCl$ (15 % Cl, 85 % Hg), kristallisirt tetragonal. Graulich- bis gelblich-weiss, diamantglänzend, sehr mild, Härte 1—2, spez. Gew. 6,5. Vor dem Lötrohr auf Kohle flüchtig und sublimirend; gibt mit Soda reines Quecksilber. Ist in Salpetersalzsäure vollständig, in Salzsäure teilweise löslich. Dient als pharmaceutisches Präparat. *Leppla.*

Chlorsäure, eine der Formel $HClO_3$ entsprechende, nur als verdünnte, wässerige Lösung darstellbare, leicht zersetzliche, daher als solche technisch unwichtige Säure. Grosse Bedeutung besitzen einige ihrer Salze, besonders das chlorsaure Kalium (s. Kaliumchlorat).

Chlorsaures Kalium, s. Kaliumchlorat.

Chlorsaures Natrium, s. Natriumchlorat.

Chlorschwefel, s. Schwefelchloride.

Chlorsilber, Kerargyrit, Hornsilber, Silberhornerz, Kerat, natürliches Silberchlorid = $AgCl$ (73 % Ag, 27 % Cl), kristallisirt regulär, meist derb; wenn rein, farblos, jedoch gewöhnlich grau und gelb, auch grünlich, violett und braun gefärbt; durchscheinend bis durchsichtig; Fett- bis Diamantglanz; schneidbar und geschmeidig. Härte 1—1,5; spez. Gew. 5,58—5,6. Vor dem Lötrohr schmelzbar und auf Kohle mit Soda zu Silber reduzirbar. Löst sich nur in Ammoniak, nicht in Säuren. In grosser Menge vorkommend ist es für Silbergewinnung sehr wichtig. — Vergl. auch Silberchlorid. *Leppla.*

Chlorsilbergelatinpapier, -kollodium, s. Photographie.

Chlorstickstoff, je nach der Darstellungsweise den Formeln NH_2Cl, $NHCl_2$ und NCl_3 entsprechend. Letztere Substanz, der eigentliche Chlorstickstoff, bildet ein gelbes, unter heftigster Explosion leicht zersetzbares (Dulongs explosives) Oel. Dasselbe wird durch Zersetzung von Salmiak mit Chlor oder unterchloriger Säure erhalten. *Borchers.*

Chlorstrontium, s. v. w. Strontiumchlorid (s. d.).

Chlorüre, s. Chloride.

Chlorwasser, s. Chlor.

Chlorwasserbleiche, s. Papierfabrikation.

Chlorwasserstoff, -säure, s. Salzsäure.

Chlorwismut, s. v. w. Wismutchlorid (s. d.).

Chlorzink, s. v. w. Zinkchlorid (s. d.).

Chörlein, s. Erker.

Chokolade, s. Kakao.

Chondrin (Knorpelleim), der bei anhaltendem Kochen mit Wasser aus den nicht verhärtenden Knorpeln entstehende Leim, welcher — im übrigen dem Knochenleim sehr ähnlich — sich von diesem dadurch unterscheidet, dass er aus seiner wässerigen Lösung durch Alaun, Bleiacetat und die meisten Metallsalze gefällt wird. Dagegen liefert Quecksilberchlorid, welches den Knochenleim fällt, keinen Niederschlag. Beim Kochen mit verdünnter Schwefelsäure bildet das Chondrin nur Leucin, kein Glykokoll. In seiner Verwendung beschränkt. *W. Kerp.*

Choorie, s. Bassiafett.

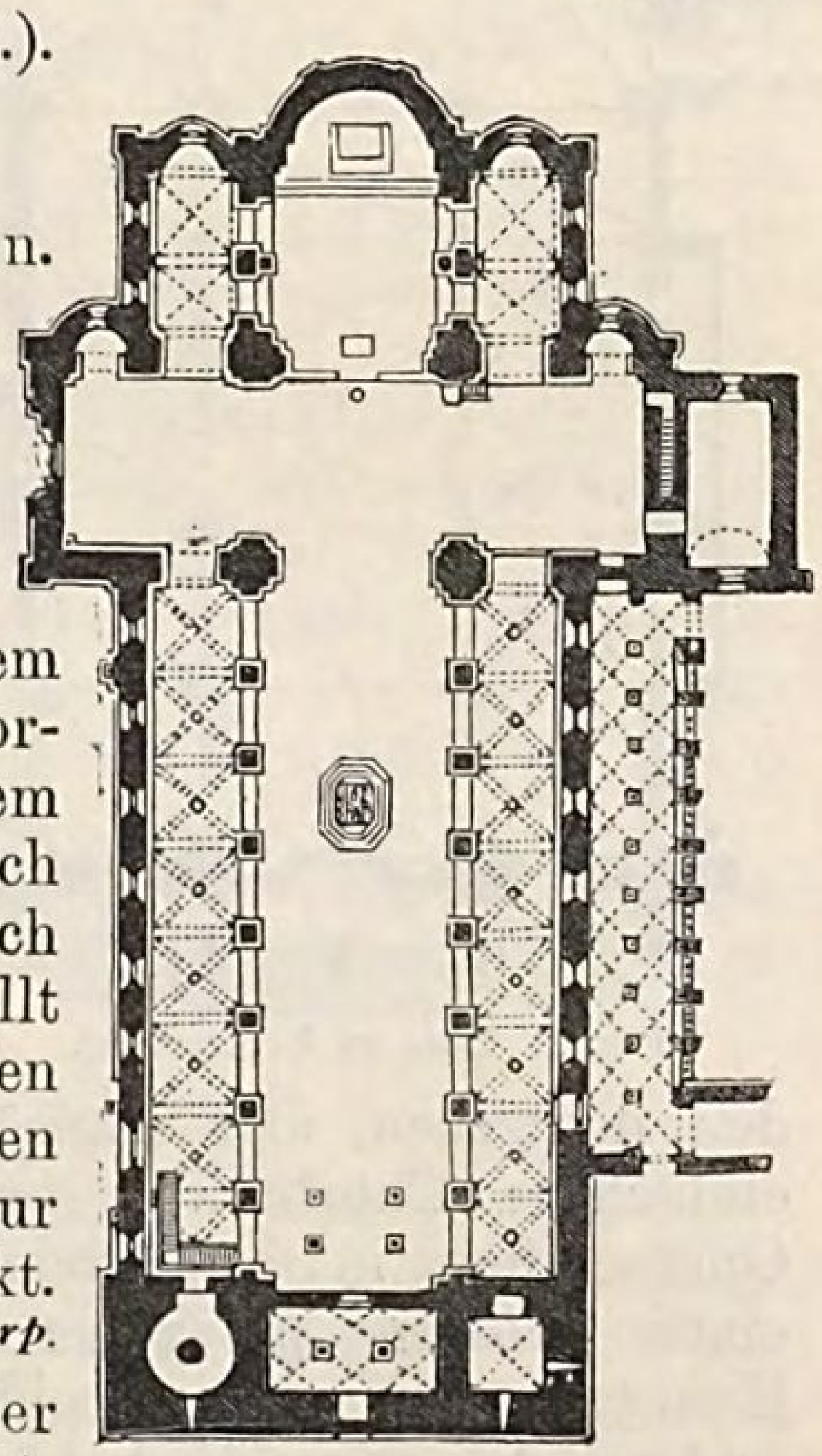


Fig. 1. Abteikirche zu Königslutter.

Chor, im allgemeinen der östliche Teil der christlichen Kirchen. Der Name stammt aus altchristlicher Zeit und zwar aus dem Gebrauch, während der Messe den Chorgesang anzustimmen. Dies geschah durch die niedere Geistlichkeit, die sich in der Mitte des Querschiffes befand; deshalb hiess zunächst dieser Teil der Chor (s. Altchristliche Bauweise). Als dann in der romanischen Periode der Grundplan der Kirche eine Umgestaltung erfuhr, nannte man die Apsis mit dem unmittelbar daran anstossenden Quadrate den Chor (Fig. 1). In gotischer Zeit erhielt der Grundriss der Kirche zwar wesentliche Bereicherungen, die Lage des Chores aber änderte sich wenig; immer hiess der Teil, der sich in östlicher Richtung an das Querschiff anlegte und den Hauptaltar, Hochaltar oder Choraltar enthielt, der Chor. Selbst als in späterer Zeit zum Teile der Chorgesang und die Kirchenmusik an das entgegengesetzte Ende der Kirche verlegt wurde und zwar an die Stelle, die sich über dem Hauptportal befindet, behielt der oben erwähnte östliche Teil bis auf unsere Zeit den Namen Chor, während die westlich gelegene Galerie, welche die Orgel enthält, auch heute noch der Orgelchor genannt wird. Der Chor pflegte um einige Stufen höher zu liegen als der übrige Teil der Kirche und durch Chorschranken (cancelli) von diesem getrennt zu sein, zuweilen erfolgte die Trennung durch einen förmlichen Querbau mit einem Lesepult (Chorpult), der Chorbühne oder dem Lettner. Ausserdem enthielt der Chor, auch Chorhaus oder Altarhaus genannt, an den beiden Langseiten der Wände Sitze für die Geistlichkeit. Diese hiessen Chorstühle oder das Chorgestühl. Im

hohen Chor hing die Chorglocke, welche die nötigen Signale für den Chordienst zu geben hatte; sie war zuweilen auch in einem besonderen Türmchen untergebracht, das als Dachreiter konstruirt erschien. Nach Osten zu endete der Chor stets in eine Chornische oder Apsis, die in romanischer Zeit die Form eines Vierteiles einer hohlen Kugel annahm und Chorgewölbe, Nischengewölbe oder Halbkuppel genannt wurde (vergl. Fig. 1). In der gotischen Periode wurde die Chornische stets polygon gebildet und mit einem Gewölbe versehen, das aus Rippen bestand, die sich in einen gemeinschaftlichen Schlussstein vereinigten und aus dazwischen eingewölbten Kappen (Fig. 2). Die Gestaltung und namentlich die Endigung des Chores heisst der Chorschluss. Im romanischen Stile erhält er die in Fig. 1 angegebene Gestalt; die Apsis nimmt die Form eines Halbkreises an und ist häufig bloss eine einzige Nische vorhanden. In der gotischen Periode haben wir den deutschen und französischen Chorschluss zu verzeichnen. Die deutsche einfachere Chorbildung besteht darin, dass das Hauptschiff sich jenseits des Querschiffes in zwei oder mehreren Gewölbjochen fortsetzt und dann mit einer grossen polygonen Apsis schliesst; eine ähnliche Fortsetzung und Endigung zeigen die beiden Seitenschiffe (s. Fig. 2). Der französische Chorschluss, der namentlich häufig bei den grossen fünfschiffigen Kathedralen Frankreichs, aber auch vielfach in Deutschland angewendet wurde, besteht zunächst darin, dass die beiden inneren Seitenschiffe um den Chor herumlaufen und den sogen. Chorumgang bilden, während sich die äusseren Seitenschiffe in eine ungerade Zahl von Chorkapellen auflösen, welche Kapellenkranz genannt werden (Fig. 3). *von Schubert-Soldern.*

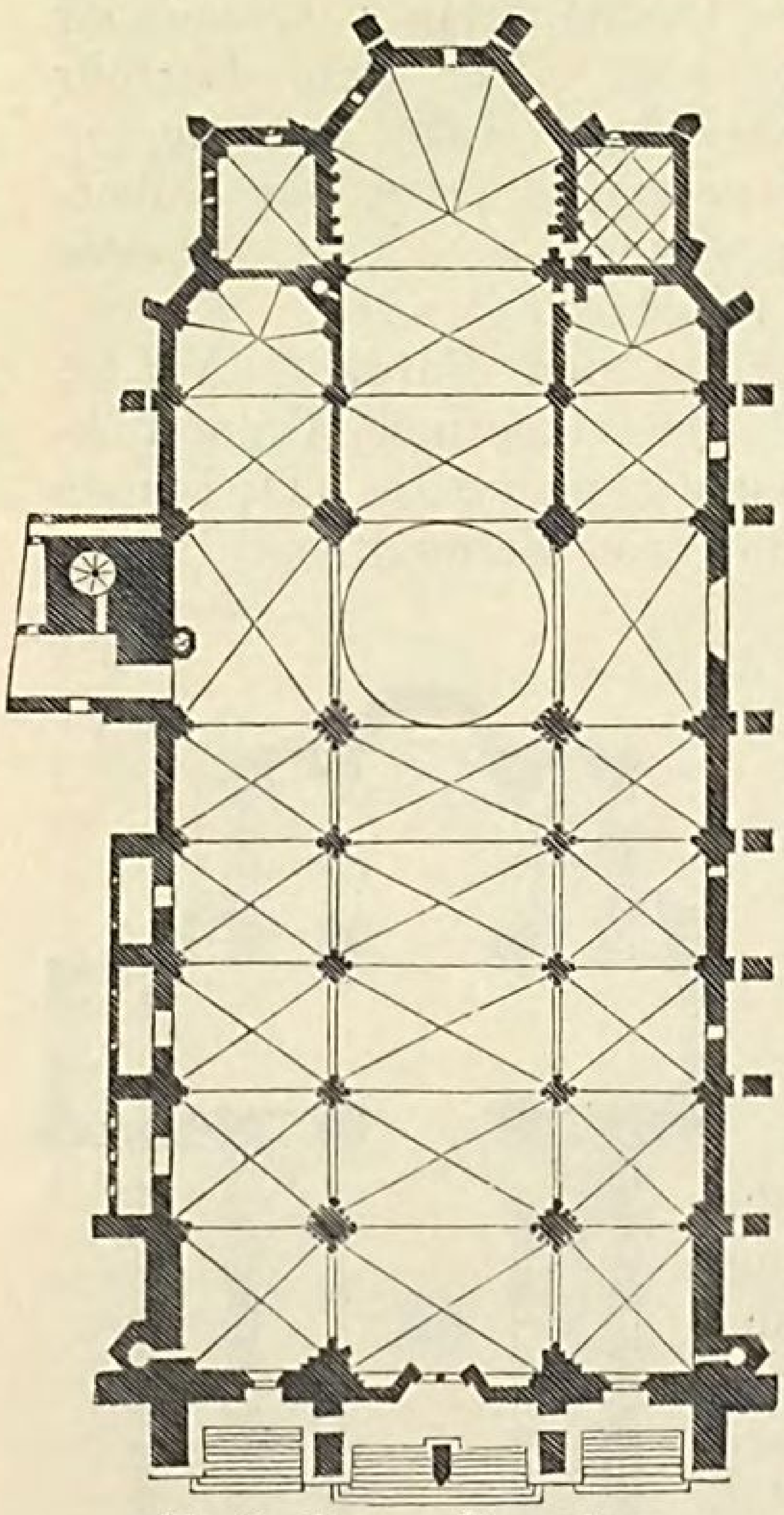


Fig. 2. Dom zu Regensburg.

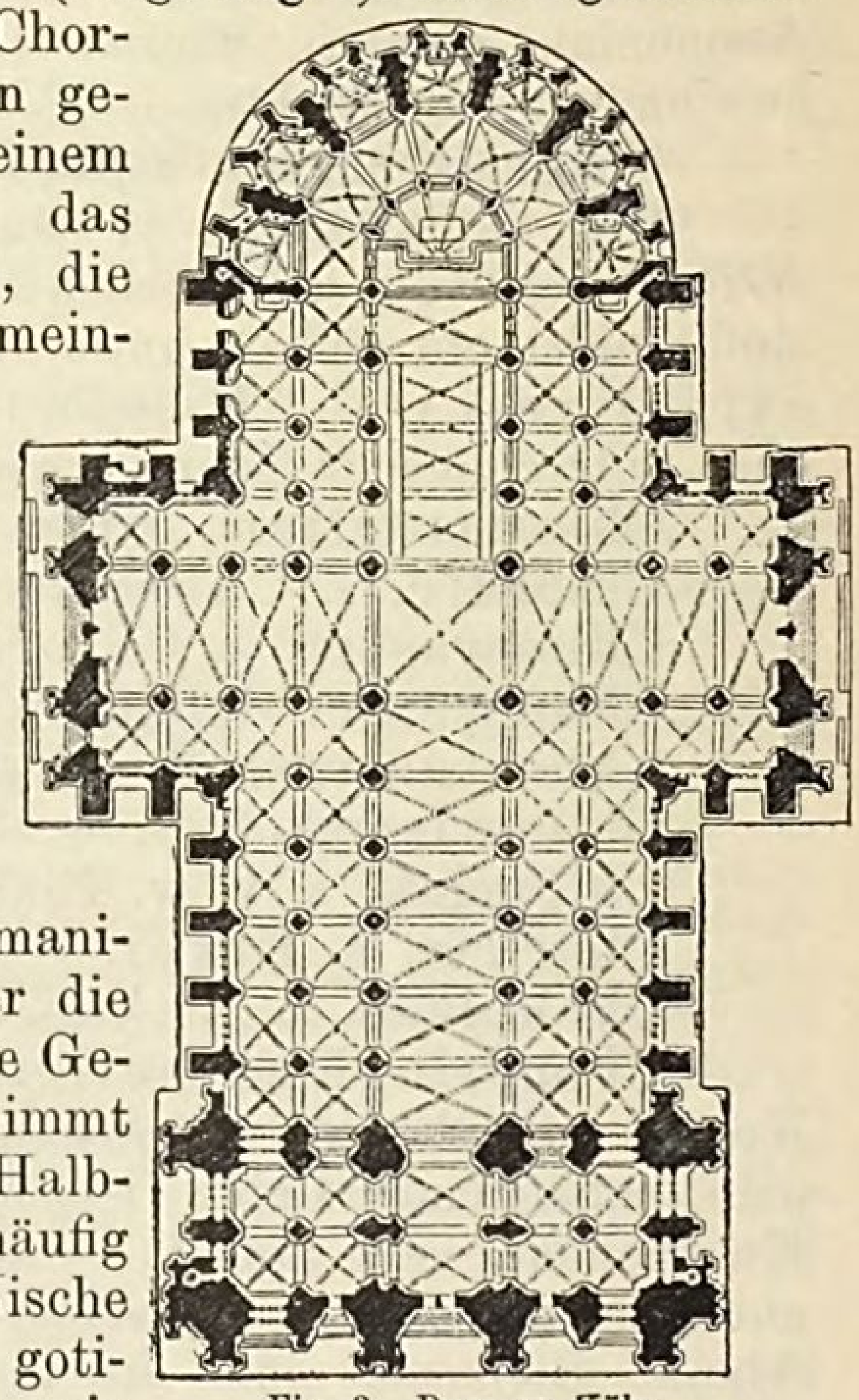


Fig. 3. Dom zu Köln.

Chordale, s. Potenzlinie.

Chordalpunkt, s. Potenzmittelpunkt.

Choregisches Monument. In Griechenland erhielten die Choragen (Chorführer bei den musischen Wettkämpfen) für ausgezeichnete Leistungen einen Dreifuss geschenkt, den sie an einem bestimmten Orte aufstellen konnten. Häufig nahmen nur eine Säule, zuweilen aber kleine Gebäude, diesen Dreifuss auf und bildeten so die choregischen Monumente. In Athen entstand auf diese Weise eine ganze Strasse, welche Tripodenstrasse genannt wurde; das architektonisch bedeutendste Monument ist das des Lysikrates, welches im korinthischen Stile durchgeführt erscheint und noch ziemlich gut erhalten ist. *von Schubert-Soldern.*

Christliche Kunst ist die gesetzmässige Darstellung der christlichen Idee in sinnlicher Form. Sie umfasst zunächst das Kirchengebäude, dann die ganze innere Ausstattung desselben mit den zum Kultus erforderlichen Utensilien, sowie den Kirchenschmuck an Bildwerken und Gemälden.

Christoflemetall, s. unter Neusilber.

Christophit, s. Zinkblende.

Chrom, *Cr*; Atomgewicht 52,5; spez. Gew. 6,5; ein weisses, glänzendes, hartes Metall. Der Schmelzpunkt desselben ist nicht bestimmt, liegt aber in der Nähe desjenigen des reinen Eisens. Das Handelsprodukt bildet ein graues, meist stark kohlenstoffhaltiges Pulver. Von verdünnten Säuren, besonders Salzsäure und Schwefelsäure, ferner von den Lösungen der Alkalioxydhydrate wird es ziemlich leicht gelöst, konzentrirte Säuren greifen es langsamer, Salpetersäure fast gar nicht an. — Durch Reduktion des Chromoxydes in Regenerativ-Gas-Tiegelöfen oder in Gebläseöfen erhält man stets ein kohlenstoffhaltiges Metall in Pulverform, das aber für technische Zwecke hinreichend rein ist. Die übrigen Darstellungsmethoden, von denen die besten bereits von Wöhler [1] und Bunsen [2] angegeben wurden, beruhen auf der Zerlegung von Chromhaloidsalzen durch Natrium oder durch Elektrizität, sind aber nicht für den Grossbetrieb verwendbar. Neuere Arbeitsverfahren [3], [4] liefern entweder kein reines Metall oder sind nach den Patentbeschreibungen nicht direkt ausführbar. Für alle Fälle, in welchen ein reineres Chrommetall erwünscht sein sollte, wird der elektrolytische Weg [5] einzuschlagen sein. Anwendungen: Fast ausschliesslich in der Stahlindustrie zur Herstellung des Chromstahles.

Litteratur: [1] Wöhler in Liebigs Annalen Bd. 111, S. 230. — [2] Bunsen in Poggendorfs Annalen Bd. 91, S. 619. — [3] Sternberg u. Deutsch, D. R. P. Nr. 69 704. — [4] Placet u. Bonnet, Engl. Patente Nr. 22 855 und 22 856, vom Jahre 1891. — [5] Borchers, Elektrometallurgie, 2. Aufl., Braunschweig 1895. *Borchers.*

Chromalaun, Kalichromalaun, Kaliumchromisulfat, schwefelsaures Chromoxydkali, $Cr_2(SO_4)_3 . K_2SO_4 + 24 H_2O$, ein wasserhaltiges Doppelsalz von Chromisulfat und Kaliumsulfat, bildet tiefrote, fast schwarze, in Wasser leicht lösliche Kristalle vom spez. Gew. 1,845. Beim Erhitzen entweicht allmälich Wasser und schliesslich Schwefelsäure. — Der Chromalaun bildet sich als Nebenprodukt bei den meisten chemischen Prozessen, in denen Kaliumchromate als Oxydationsmittel dienen.

Von speziellen Darstellungsmethoden mag die der Umsetzung von Kaliumbichromat mit Schwefeldioxyd erwähnt sein, welche in der Weise ausgeführt wird, dass man in eine mit Schwefelsäure gemischte Lösung von Kaliumbichromat, unter Vermeidung von starker Erwärmung Schwefeldioxyd einleitet:

$$K_2Cr_2O_7 + H_2SO_4 + 3 SO_2 = Cr_2(SO_4)_3 . K_2SO_4 + H_2O.$$

Bei der Verarbeitung der Lösungen des Chromalaunes ist zu beachten, dass ein Erhitzen über 40° die Kristallisationsfähigkeit des Salzes beeinträchtigt, indem sich ein grünes, nicht kristallisirbares Salz bildet. Ein Zusatz von etwas Salpetersäure soll diesen Uebelstand beseitigen. — Verwendung: In der Färberei, Gerberei, zur Darstellung anderer Chromverbindungen u. s. w. — Litteratur s. unter den Chromaten des Kaliums und Natriums. *Borchers.*

Chromartikel, in der Zeugdruckerei, im engeren Sinne, wird in der Weise hergestellt, dass man auf Baumwollstoff eine geeignete Chrombeize fixirt und die Stoffe dann mit solchen Farbstoffen ausfärbt, welche mit Chromoxyd unlösliche Farblacke bilden, wie z. B. Alizarinfarben, Gallocyanin, Coeruleïn, Anthracenbraun u. s. w. Aetzt man mit organischen Säuren, wie z. B. Zitronensäure, Figuren auf den mit Chrom gebeizten Baumwollstoff, so erhält man weisse Dessins auf farbigem Grunde nach dem Ausfärben. Nach einem ähnlichen Verfahren kann man gleichzeitig neben weissen Mustern auch verschiedenfarbige und schwarze Figuren erhalten [1]. — Im weiteren Sinne rechnet man zum Chromartikel auch jene Erzeugnisse des Zeugdruckes, bei welchen bereits in der Druckfarbe Chrombeize, Farbstoff und ein geeignetes Lösungsmittel zur Verhinderung der Farblackbildung vor dem Dämpfen enthalten ist; diese Farbe wird aufgedruckt, hierauf gedämpft, dadurch das Lösungsmittel verflüchtigt und der unlösliche Farblack auf der Faser fixirt. Endlich kann man hierher auch jenen Artikel rechnen, bei welchem die bedruckten und gedämpften Baumwollstoffe zur vollständigen Befestigung der Farben nachträglich ein Chrombad passiren. Fast alle nach den erwähnten Prozessen erhaltenen Farben sind gut licht- und waschecht und werden daher vielfach im Tüchel- und Kleiderstoffdruck verwendet.

Litteratur: [1] Henri Schmid in Lehnes Färberzeitung 1890, S. 47. *J. B. Weckerlin.*

Chromate, s. v. w. Chromsäuresalze (s. d.).

Chromatik, s. Farbenlehre.

Chromatische Aberration, s. Achromasie.

Chromatische Polarisation nennt man die verschiedenen Farbenerscheinungen, welche die Interferenz des polarisirten Lichtes veranlasst. Platten doppelbrechender Kristalle, welche man zwischen Polarisator und Analysator eines Polarisationsapparates (vergl. die Art. Polarisation des Lichtes, Polarisationsapparat und Zirkularpolarisation) einschaltet, geben dann Anlass zu farbigen Lichterscheinungen, wenn von den zwei senkrechten Schwingungsrichtungen der die Platten durchsetzenden weissen Lichtstrahlen keine in die Richtung der Polarisationsebene des Polarisators oder in diejenige des Analysators fällt. In diesen letzteren Fällen erscheinen die Platten bei Parallelstellung von Polarisator und Analysator hell, bei gekreuzter Stellung dunkel wie das sie umgebende Feld. Wir unterscheiden: 1. Erscheinungen bei parallel durchgehenden Strahlen, 2. solche bei konvergent durchgehenden Strahlen.

1. Dünne Platten doppelbrechender Kristalle, welche für senkrecht durchgehende Strahlen einen genügend grossen Unterschied der beiden Brechungsexponenten zeigen (Gipsblättchen), legt man so in den Nörrenberg'schen Polarisationsapparat, dass die Polarisationsebenen der sie durchsetzenden Strahlen mit derjenigen des Analysators einen Winkel von 45° einschliessen. Jeder in die Platte eindringende polarisirte Strahl wird dann in zwei gleiche Komponenten zerlegt, die beim Austritt aus der Platte je nach dem Unterschied ihrer Geschwindigkeiten und je nach der Plattendicke eine Phasendifferenz erhalten haben, vermöge deren sie sich nicht mehr zu linear polarisirtem Lichte der anfänglichen Polarisationsebene, sondern im allgemeinen zu elliptisch polarisirtem Licht vereinigen. Dieses wird durch die Zerlegung im Analysator wieder in mehr oder weniger intensives, linear polarisirtes Licht umgewandelt, je nachdem die vom Analysator fortgepflanzte oder die von diesem ausgelöschte Komponente überwiegt. Im besonderen Fall, wo die Phasendifferenz der die Platte verlassenden Strahlkomponenten ein ganzes Vielfaches einer halben Wellenlänge $k \cdot \frac{\lambda}{2}$ beträgt, verbinden sich die Komponenten zu linear polarisirtem Lichte und zwar, wenn k eine gerade Zahl ist, unter Erhaltung der Polarisationsebene des in die Platte eintretenden Lichtes, wenn k ungerade ist, unter Drehung der Polarisationsebene um 90°. Im ersteren Falle löscht der Analysator den Strahl aus bei gekreuzter Stellung, im letzteren bei Parallelstellung. Da nun im weissen Lichte Strahlen der verschiedensten Grössen der Wellenlänge λ enthalten sind, so werden durch die Wirkung der Kristallplatte die einen Anteile des weissen Lichtes im Analysator sich erhalten, die anderen ausgelöscht werden. Man sieht daher bei Drehung des Analysators aus der einen Hauptstellung in die andere die Platte von der einen in die andere zweier komplementären Farben übergehen. Ganz ähnlich wie bei den Farben dünner Blättchen bestehen diese komplementären Farben (siehe Farbenlehre) aus einer um so kleineren Zahl von Teilen des Spektrums, sind um so deutlicher von einander verschiedene Mischfarben, je kleiner die Zahl k ist. Hat die Platte in verschiedenen Teilen verschiedene Dicke, so erscheinen diese Teile verschieden gefärbt; ein Gipskeil zeigt die Newton'schen Farbenbänder in der seiner Kante parallelen Richtung; er kann benützt werden, um die Ordnung der Farbe zu bestimmen, welche ein dünnes Blättchen zeigt und folglich, um die Dicke des Blättchens zu ermitteln, indem man durch Aufeinanderlegen von Blättchen und Keil diejenige Stelle des Keils ermittelt, welche die Farbe des Blättchens zu weiss ergänzt. Ueber Farbenerscheinungen bei Platten optisch aktiver Kristalle vergl. d. Art. Zirkularpolarisation.

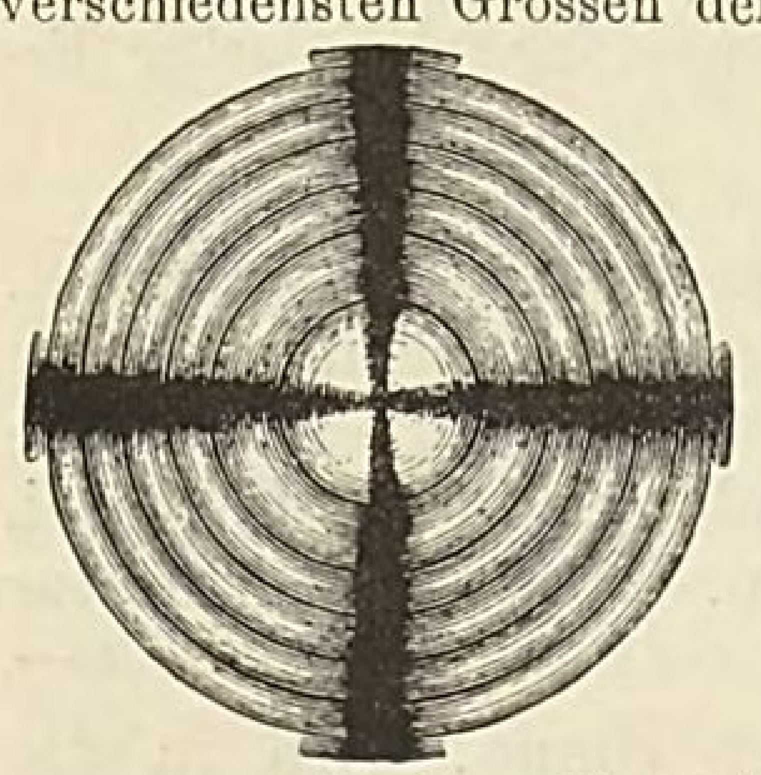
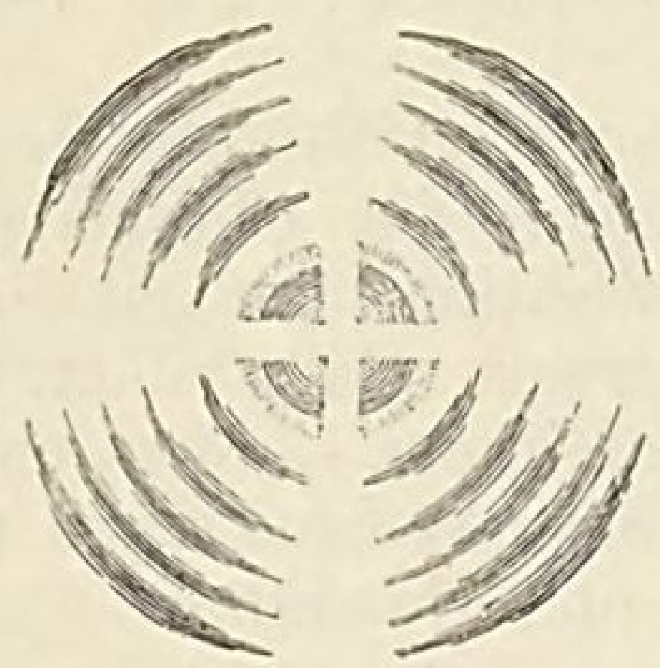



Fig. 1. Ringsysteme in Fig. 2. optisch-einaxigen Kristallen.

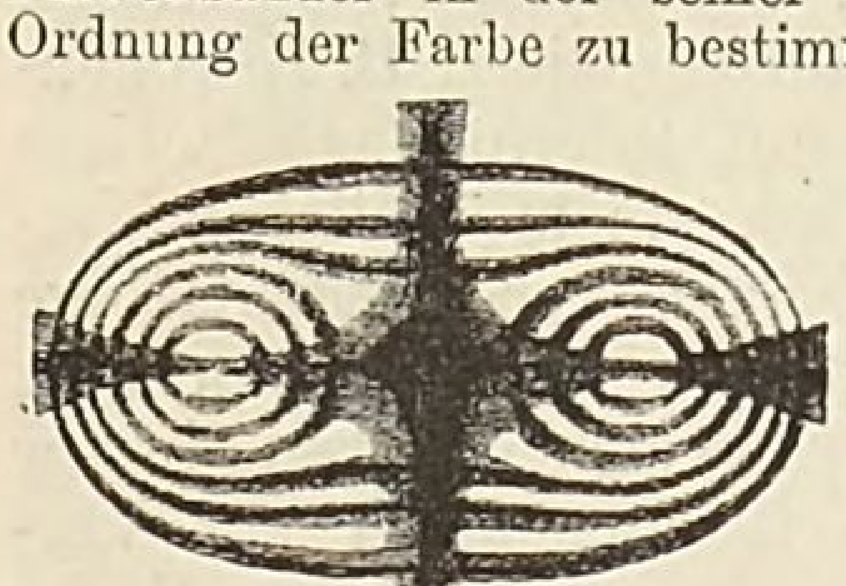
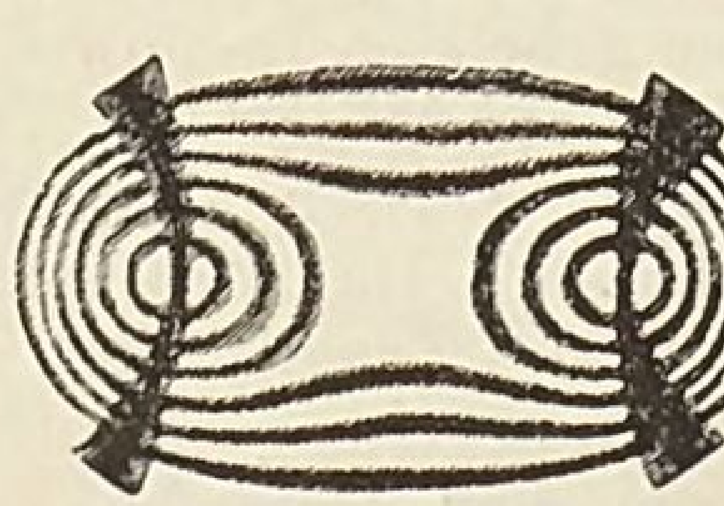



Fig. 3. Fig. 4. Ringsysteme in optisch-zweiaxigen Kristallen.

2. Senkrecht zur optischen Axe geschliffene Platten einaxiger Kristalle, die optisch inaktiv sind, d. h. keine Drehung der Polarisationsebene im Innern der Platte bewirken, zeigen bei genau parallel durchgehendem Lichte keine Farbenerscheinungen, wohl aber bei genügend konvergirenden Richtungen des durchgehenden Strahlenbüschels. Alle gleich weit von der senkrechten Richtung abweichenden Strahlen erleiden eine Doppelbrechung von gleichem Betrage der Phasendifferenz; daher bilden sich konzentrische Ringe der Newton'schen Farbenbänder, deren Mitte in der Parallelstellung hell, in der Kreuzstellung dunkel ist, die aber auch entlang den beiden senkrechten Hauptebenen des Analysators von einem farblosen, bei Parallel-

stellung hellen, bei Kreuzstellung dunklen Kreuze durchschnitten werden (Fig. 1 u. 2). Für die verwickelteren Erscheinungen bei Platten doppelbrechender, zweiaxiger Kristalle, die sich in ähnlicher Weise erklären, von denen Fig. 3 u. 4 die Erscheinungen in Platten zeigen, deren Schnitt auf der Halbirungslinie des Winkels der optischen Axen senkrecht steht, ferner für die Erscheinungen in gepressten und in gekühlten Gläsern, sowie für die Geschichte und die exakte mathematische Erklärung der Beobachtungen sei auf die eingehende Behandlung des Gegenstandes in [1] und [2] und die kürzere mathematische Entwicklung in [3] verwiesen.

Litteratur: [1] Lehrbuch der Physik und Meteorologie von Dr. Joh. Müller, 8. Aufl., bearb. von Leop. Pfaundler, Braunschweig 1879, II, § 152—183. — [2] Lehrbuch der Experimentalphysik von A. Wüllner, 4. Aufl., Leipzig 1882—1886, II, § 88 u. f. — [3] Viktor v. Lang, Einleitung in die theoret. Physik, 2. Aufl., Braunschw. 1891, § 410—415. *Aug. Schmidt.*

Chromatische Tonleiter heisst die Tonleiter der 12 Töne *C, Cis, D, Dis, E, F, Fis, G, Gis, A, B, H, C*; sie bildet die Vervollständigung der diatonischen Tonleiter mit ihren 5 ganzen und 2 halben Intervallen durch Einschalten von 5 Halbtönen. S. d. Art. Schall.

Chromatypie, Chromotypie, Chromotypographie, jeder auf der Buchdruckpresse in mehreren Farben hergestellte Druck, vorzugsweise jedoch solche, die bildliche Gegenstände enthalten.

Chrombraun, eine sehr beständige, braune Malerfarbe, durch Fällen einer Lösung von gelbem chromsaurem Kali mit einer Kupfersalzlösung und Trocknen des Niederschlages hergestellt.

Chrombronze, s. Blauholzlacke.

Chromchlorid, Cr_2Cl_6, rote, glänzende Kristallschuppen, in reinem Wasser unlöslich, jedoch sich bei Gegenwart der geringsten Spur Chromchlorür mit grüner Farbe lösend, wird erhalten durch starkes Glühen eines innigen Gemisches von Chromoxyd und Kohle in einem Strome von trockenem Chlorgase. Eine wässerige Lösung, dargestellt durch Auflösen von Chromoxydhydrat in Salzsäure, findet in der Färberei besonders zum Schwarzfärben Verwendung.

Chromeisenerz, Chromeisenstein, Chromit, wesentlich Eisenoxydul-Chromoxyd = $(FeMgCr)O + (Cr_2Al_2Fe_2)O_3$ (40—65 % Cr_2O_3), kristallisirt regulär; meist derb oder körnig; schwarz mit braunem Strich, unvollkommen metallglänzend, undurchsichtig; bisweilen magnetisch, wenn mit Magneteisen gemengt. Härte 5,5—6,5; spez. Gew. 4,0—4,6. Unschmelzbar vor dem Lötrohr, doch wird es beim Glühen magnetisch. Viel feuerfester als Platin; von Säuren wird es nicht angegriffen. Mit Pottasche oder Salpeter unter Bildung von chromsaurem Kali aufschliessbar. Ist mit Serpentin und ähnlichen Umwandlungsprodukten vergesellschaftet. Dient vorwiegend zur Herstellung von Chrompräparaten (Farben), auch wegen seiner schweren Schmelzbarkeit als Seitenfutter der Martinöfen in der Eisenverhüttung. *Leppla.*

Chromeisenstein, s. v. w. Chromeisenerz.

Chromfarben, als Chromoxyd (Chromgrün), Chromoxydhydrat (Guignets Grün), chromsaures Bleioxyd (Chromgelb), chromsaures Zinkoxyd (Zinkchromgelb), Cadmiumchromat (Cadmiumchromgelb), chromsaurer Kalk (Kalkchromgelb), zinksaures Chromoxyd (Zinkgrün), phosphorsaures Chromoxyd (Arnaudons, Plessys-Grün), Chromchlorid (Violett), chromsaures Kupfer (Chrombraun), gehören zu den wichtigsten und am häufigsten verwendeten Farben. Sie besitzen die vorzügliche Eigenschaft, vorausgesetzt, dass sie kein gegen Schwefelwasserstoff empfindliches Metall enthalten, an der Luft unveränderlich zu sein; sie zeichnen sich ferner, wie die Kobaltverbindungen, durch grosse Feuerbeständigkeit aus und finden daher auch in der Porzellanmalerei vielfache Verwendung. *Andés.*

Chromfluorid, Cr_2F_6, ein in grünen Nadeln kristallisirendes, in Wasser leicht lösliches, durch Auflösen von Chromoxyd in Flusssäure und Verdampfen der Lösung darstellbares Salz, wird seit einigen Jahren als Beize in der Färberei verwendet. *Borchers.*

Chromgelatine (Chromleim), Gemisch von Gelatine und Kaliumdichromatlösung, welches sich im Licht dunkel färbt, wobei die Gelatine im Wasser unlöslich wird. Papier, Gewebe etc. lassen sich daher durch Ueberziehen mit Chromgelatine wasserdicht machen. Von grösserer Bedeutung ist die Verwendung des Präparates in der Photographie (s. d.) zur Herstellung von Abdrücken negativer Photographien.

Chromgelb, auch die Namen Amerikanergelb, Baltimoregelb, Gothaergelb, Leipzigergelb, Wienergelb, Parisergelb, Patentgelb, Zwickauergelb führende gelbe Farbe, gleich verwendbar in Oel wie in Wasser, an der Luft und im Lichte beständig, aber gegen Schwefelwasserstoff sehr empfindlich, auch leicht angreifbar durch Kohlensäure und ätzende Alkalien, Wasserglas, in reinem Zustande aus chromsaurem Bleioxyd bestehend; die billigeren Sorten werden mit Leichtspat, Schwerspat, Kreide, selbst mit gelöschtem Kalk vermischt und richtet sich ihr Wert immer nach dem Gehalt an reinem Chromgelb. Soweit die Chromgelbe nicht durch Beimischung von weissen Körpern absichtlich verändert sind, haben alle — die orangefarbenen und roten (Chromorange und Chromrot) ausgenommen, einerlei Zusammensetzung: sie sind einfach chromsaures Bleioxyd, aber von sehr verschiedener Farbe, — vom hellsten Strohgelb bis zum dunkelsten Hochgelb — was nur ihrem verschiedenen Aggregatzustande zuzuschreiben ist. Zur Darstellung benützt man einerseits das rote chromsaure Kali, andererseits ein Bleisalz, meistens Bleizucker, aber auch basisch essigsaures Bleioxyd, Chlorblei, Chlorblei-Bleioxyd und schwefelsaures Bleioxyd, sofern solches billig zu haben ist. Wenn es sich um ganz bestimmte Nuancen handelt, ist die Herstellung der Farben schwierig. Bleizuckerlösung ohne weiteres mit doppeltchromsaurem Kali ausgefällt, liefert hellzitronfarbiges Chromgelb, wird aber schnell dunkler, zieht sich zusammen und nimmt kristallinische Struktur, dunkelstrohfarbenen Ton beim Trocknen an; bei Ueberschuss von Bleizucker und Gegenwart von viel Wasser erhaltener Niederschlag, den man rasch und wiederholt mit sehr viel Wasser auswäscht, behält das Chromgelb seine feurige, dunkelzitrongelbe Farbe, trocknet zu leichten Stücken aus und gibt, im Gegensatze zu dem ersten Verfahren, mit Berliner- oder Pariserblau, feurige grüne Farben. Je kräftiger und anhaltender die Flüssigkeiten gerührt werden und je mehr Wasser man verwendet, desto heller bleiben die Nuancen und desto leichter und voluminöser — ein Kennzeichen für die Güte des Chromgelbs — werden die Farben. Hellzitrongelbe oder schwefelgelbe Nuancen können nur auf die Weise erhalten werden, dass man bei Gegenwart von sehr viel Wasser den Bleizucker mit einer Lösung von chromsaurem Kali fällt, die so viel Schwefelsäure enthält, dass die eine Hälfte des Bleizuckers durch Chromsäure, die andere Hälfte durch Schwefelsäure gefällt wird. Chlorblei, Chlorblei-Bleioxyd und schwefelsaures Bleioxyd werden ebenfalls mit doppeltchromsaurem Kali, Ka.i-Natron und Schwefelsäure in Chromgelb übergeführt, bei Gegenwart von viel Wasser und unter fortwährendem Umrühren; doch sind die Farben nie so voluminös und von so schönen Nuancen wie die aus Bleizucker. — Kalkchromgelb, chromsaurer Kalk, aus neutralem Kaliumchromat und Chlorcalcium hergestellt, ist eine gelbe, an Schönheit den vorgenannten Farben nachstehende, jedoch viel billigere und luftbeständigere Farbe, die sich namentlich zum Aufhellen von Chromgelb eignet; indessen darf man mit dem Zusatz nicht zu weit gehen, da Kalkchromgelb ein viel geringeres spezifisches Gewicht als Bleichromgelb besitzt.

Litteratur: [1] Bersch, Mineral- und Lackfarben, 2. Aufl., Wien 1893. — [2] Gentele, Farbenfabrikation, 2. Aufl., Braunschweig 1880. — [3] Miercinski, Ed., Mineral- und Lackfarben, 4. Aufl., Weimar 1881.

Andés.

Chromgelbgrün, s. Chromgrün.

Chromgrün, feurige grüne Farben von den verschiedensten, hellen und dunklen, gelb- und blaugrünen Nuancen, die eine grosse Anzahl von Namen führen, im Grunde aber immer nur entweder reines Chromgrün, nämlich Chromoxyd, oder aber Mischfarben aus Chromgelb und Pariserblau mit grösseren oder geringeren Zusätzen von der Verfälschung resp. Verbilligung dienenden Substanzen, wie Kreide, Gips, Schwerspat, Leichtspat u. s. w. sind. Eigentliches Chromgrün, Chromoxyd, ist an der Luft, am Licht und im Feuer, sowie in Säuren, sogar den stärksten Mineralsäuren, unveränderlich, seine Farbe nicht glänzend, vielmehr matt, etwas ins Graue gehend, seines hohen Preises wegen selten in der Dekorationsmalerei, meist in der Porzellandekoration aus dem Grund verwendet, weil es feuerbeständig ist. Es wird durch Reduktion (Glühen) mit organischen Substanzen, wie Kartoffelstärke, Papiermasse, mit Salmiak oder mit

Schwefelblumen, Ablöschen der Schmelze in Wasser, Pulvern und Trocknen hergestellt. Guignets Grün, Vert Virginal, Vert Pelletica, Mittlers Grün, Smaragdgrün, Chromoxydhydrat, ebenfalls reine Chromgrüne, werden hergestellt, indem man 1 Teil pulverisirtes doppeltchromsaures Kali mit 3 Teilen kristallisirter Borsäure zu dunklem Rotglühen erhitzt, wobei die Masse sehr stark aufschäumt, beim Erkalten zu einem porösen, schwarzgrünen Schwamm erstarrt, der mehreremale mit Wasser ausgekocht wird, wobei sich Borsäure und borsaures Kali lösen, während Chromoxydhydrat, veränderliche kleine Mengen Borsäure enthaltend, zurückbleibt. Guignets Grün ist ein sehr feuriges, dunkles Grün, wie es in ähnlicher Wärme und mit gleichem Feuer durch Mischen nicht hergestellt werden kann, ist weder in Mineralsäuren noch in Alkalien löslich, daher sehr beständig. Die durch Mischung von Chromgelb mit Pariserblau hergestellten grünen Farben, denen man teils aus Unkenntnis der Bestandteile, teils aus Heimlichthuerei und Gewinnsucht, teils zur Bezeichnung der besonderen grünen Nuancen alle denkbaren Namen gegeben hat und die auch heute noch als Amerikanergrün, Chromgelbgrün, Deckgrün, Wienergrün, Emeraldgrün, Französischgrün, Gothaergrün, grüner Zinnober, Laubgrün, Magdeburgergrün, Meergrün, Myrtengrün, Naturgrün, Oelgrün, Pannetiers Grün, Permanentgrün, permanenter grüner Zinnober, Seidengrün, Smaragdgrün, Staubgrün, Türkischgrün, Wiener Deckgrün, Zinnobergrün von den Farbenfabriken in Verkehr gebracht werden, weisen eine Anzahl verschiedener Nuancen auf. Die Mischfarben vertragen einen ungemein grossen Zusatz von Schwerspat und es kommen ganz besonders gut deckende, feurige Chromgrüne im Handel vor, welche nur 10 % Chromgelb und Pariserblau zusammen, dagegen aber 90 % Schwerspat enthalten, so dass der Preis für 100 kg Chromgrün mit 16—20 *M.* ganz erklärlich erscheint. Mischt man ein derartiges, aus Gelb und Blau hergestelltes Grün in reinem oder auch schon mit Spat versetztem Zustande mit Schwerspat, so behält es seine Nuance nicht, sondern wird bei grösserem Zusatz immer bläulicher und zuletzt bläulichgrau, weil Pariserblau mehr Deckkraft besitzt als Chromgelb; bei Zusatz von Gelb geht die Farbe wieder in ein reines Grün über. Die Herstellung dieser grünen Mischfarben kann auf zwei Arten geschehen: man mischt entweder Chromgelb und Pariserblau in nassem Zustande mit den beschwerenden Zusätzen, was unter Zuhilfenahme von Kollergängen und Farbreibmaschinen sehr leicht, in den entsprechenden Verhältnissen aufs innigste, presst und trocknet sie dann oder man lässt die zur Erzeugung von Chromgelb und Pariserblau dienenden Salzlösungen zuerst jede für sich vereinigt, also das Chromgelb und Pariserblau auf die Füllmasse laufen, mischt und verreibt ordentlich und presst und trocknet ebenfalls. Um schöne grüne Nuancen zu erhalten, muss man den erstgenannten Weg einschlagen und dafür sorgen, dass beide Mischfarben sorgfältig ausgewaschen sind. Alle gemischten Chromgrüne decken auch bei grossem Zusatz von Schwerspat, trocknen als Oelfarben sehr gut, haben aber als Wasserfarben viel weniger Schönheit, Deckkraft und Glanz, was natürlich ist, da der Spat im Wasser eine gewisse Deckkraft besitzt, während solcher in Oel durchsichtig wird. An nicht zu sehr belichteten Stellen sind sie ziemlich haltbar; durch starkes Licht verbleicht das Blau, wodurch das Grün nach und nach heller wird und ist diese Veränderung bei Oelfarben weniger als bei Wasserfarben bemerkbar. Trocken dem Lichte ausgesetzt, wobei kein Bindemittel den Einfluss des Lichtes und der Luft hindert, bleichen die gemischten Chromgrüne ungemein rasch und werden gelber; schon nach zwei Stunden ist ein Unterschied bemerkbar. — Chromgrün in Lack in verschiedenen Tönen, ein Gemenge von Chromoxyd mit Thonerde, hergestellt durch Fällung einer Thonerdesalz-Chromoxydsalzlösung mit Soda, Auswaschen und Ausglühen des Niederschlages, der eine um so hellere Färbung annimmt, je mehr er Thonerde enthält. Als Chromsalz wendet man am einfachsten eine Lösung von Kaliumbichromat an, welche, mit Schwefelsäure und Alkohol versetzt, so lange stehen bleibt, bis sie eine schöne grüne Farbe angenommen hat.

Litteratur s. unter Chromgelb. *Andés.*

Chromhydroxyd, s. v. w. Chromoxydhydrat.

Chromiren, s. Photographie.

Chromisulfat, schwefelsaures Chromoxyd, $Cr_3(So_4)_3$, lässt sich in verschiedenen Formen darstellen. Beim Lösen von trockenem Chromoxydhydrat in konzentrirter Schwefelsäure bildet sich zunächst die Lösung eines grünen Salzes, welche bei langem Stehen an der Luft in eine violette Form übergeht. Letztere wieder lässt sich durch Erhitzen auf 100° in grünes Salz verwandeln. Beide ergeben beim Erhitzen in konzentrirter Schwefelsäure bis zur Bildung von Schwefelsäuredämpfen eine rote, unlösliche Modifikation. Violettes Salz: $Cr_2(SO_4)_3 + 18\,H_2O$, grünes Salz: $Cr_2(SO_4)_3 + 6\,H_2O$, rotes Salz: $Cr_2(SO_4)_3$. — Chromoxydhydrat in verdünnter Schwefelsäure gelöst, liefert beim Eindampfen der Lösung basische Salze. Anwendung: Tintenfabrikation. *Borchers.*

Chromit, s. v. w. Chromeisenerz.

Chrom-Kupferschwarz, durch Glühen von chromsaurem Kupferoxyd bei Luftzutritt, Behandeln der geglühten Masse mit kochender Salzsäure erhalten, gibt eine glänzend schwarze Farbe, die hauptsächlich im Zeugdrucke verwendet wird.

Chromleder. Knapp hat zuerst auf die Bedeutung der Chromsalze für die Gerberei hingewiesen und Cavalin war es, welcher die ersten Versuche mit diesen Salzen ausführte. Später hat sich Heinzerling eingehender mit der Chromgerbung beschäftigt und auch einige Patente auf sein Verfahren zur Herstellung von Leder mittelst Chromsalzen genommen (D. R. P. 5298, 10665, 14769). Bei der Heinzerling'schen Chromgerbung werden die reingemachten Blössen zunächst in sehr verdünnte Lösungen von Chromsäure, mono- oder dichromsauren Salzen unter Zusatz von Alaun und Kochsalz gebracht, worauf die Konzentration dieser Lösungen allmälich gesteigert wird. Nachdem sich die Blössen auf diese Weise mit der Säure oder den Salzen vollständig durchtränkt haben, kommen sie in eine Lösung von Chlorbarium oder essigsaurem Blei oder Seife, wodurch unlösliche Verbindungen auf den Hautfasern fixirt werden und Gerbung der Haut bewirkt wird. Zur schnelleren Aufnahme der Lösung ist es empfehlenswert, die Blössen in derselben zu kneten und zu bewegen. Hierauf bringt man sie in eine Benzinlösung von Paraffin, Wachs, Stearin, Walrat oder ähnlichen Stoffen. In neuerer Zeit werden namentlich in Amerika Versuche gemacht, die Chromgerbung zu verbessern und das Chromleder auf den Markt zu bringen; bei uns wird es bis jetzt wenig hergestellt. Vergl. amerikanische Patente von Norris (Nr. 498067, 498077 u. 518467), Schultz, Jahn (Nr. 504012, 504013, 504014, 511007) und Dennis (Nr. 495028). *Pässler.*

Chromlegirungen, s. Eisenlegirungen.

Chromleim, s. Chromgelatine.

Chromocker, s. Ocker und Kaolin.

Chromograph, s. Hektograph.

Chromolithographie, s. Lithographie.

Chromopapier, Bezeichnung für die Gesamtheit aller jener Druckpapiere, welche farbig bedruckt werden, wozu namentlich die Buntdruck-, Luxus-, Etiketten-, Plakat-Papiere, sowie die in chromolithographischen Anstalten verwendeten Papiere zählen. S. Papiersorten. *Maxim. Kraft.*

Chromopasta, s. Gipsgüsse.

Chromophor, s. Farbstofftheorie.

Chromophototypie, s. v. w. Farbenlichtdruck (s. Lichtdruck).

Chromorange, Orange-Chromgelb, Gemenge von basischem und neutralem chromsaurem Bleioxyd von mehr oder weniger tiefer Nuance; es nähert sich um so mehr der hochroten Nuance, die der basischen Bleiverbindung eigen ist, je mehr von dieser basischen Verbindung bei der Darstellung entstehen konnte. Bei der Herstellung wird neben neutralem oder basisch-essigsaurem Bleioxyd und doppeltchromsaurem Kali eine gewisse Menge eines Alkalis angewendet, wodurch aus dem gelben chromsauren Bleioxyd ins Rot gehende Nuancen — Chromorange, Orange-Chromgelb — erzielt werden. S. hierüber auch unter Chromrot. *Andés.*

Chromotypographie, s. Farbendruck.

Chromoxyd, Cr_2O_3; Molekulargewicht 153; spez. Gew. (krist.) 5,21. Das Chromoxyd kann nach zahlreichen Darstellungsmethoden von sehr verschiedenen Eigenschaften erhalten werden; es bildet demnach hellgrün amorphe bis dunkelgrüne, gut kristallisirte Massen. Letztere besitzen ausserdem Metallglanz und eine sehr bedeutende Härte. Die gebräuchlicheren Handelsprodukte sind die grünen, amorphen Pulver und ihre Mischungen. Da bei der Darstellung dieser Chromoxydsorten stets eine, wenn auch schwache, Glühhitze erreicht wird, so sind sie in Wasser und Säuren fast unlöslich. — Die gebräuchlichste technische Darstellungsmethode besteht in einer Reduktion von Alkalidichromaten durch Schwefel: $K_2Cr_2O_7 + S = K_2SO_4 + Cr_2O_3$. Man führt die Arbeit meist in kleinen eisernen Kesseln aus, anfangs vorsichtig erhitzend, nach beendigter Reaktion die Temperatur bis Rotglut steigernd. Aus der erkalteten, pulverisirten Schmelze laugt man das Alkalisulfat durch heisses Wasser aus, trocknet und pulverisirt den Rückstand. — Ausserdem wird es, besonders von Anilinfarbenfabriken, bei Oxydationsprozessen mit Chromaten als Nebenprodukt erhalten, dann aber meist wieder auf Chromate verarbeitet. Vergl. auch d. Art. Chromgrün. *Borchers.*

Chromoxydhydrate. Das normale Hydrat $Cr_2(OH)_6$, je nach seiner Darstellung eine graublaue oder grüne Masse bildend, hat nur insofern einige Bedeutung für die Technik, als es beim Aufarbeiten der Abfallprodukte von Oxydationsprozessen mit Chromaten vorübergehend durch Ausfällung mit basisch wirkenden Alkali- und Erdalkaliverbindungen erhalten wird, um dann meist wieder auf Chromat verarbeitet zu werden. Bei dieser Arbeit sind von den chemischen Eigenschaften des Hydrates besonders die Löslichkeit desselben in Alkali-, Erdalkalihydraten und Säuren, sowie die Zerlegung in Oxyd und Wasser beim Erhitzen zu berücksichtigen. — Ein als Farbstoff in der Technik hochgeschätztes Hydrat hat die Formel $Cr_2O(OH)_4$, also normales Oxydhydrat, welches ein Molekül Wasser verloren hat: $Cr_2(OH)_6 = Cr_2O(OH)_4 + H_2O$. Es bildet ein schön grünes, im Handel meist als feuchter Teig (von 33 % Trockenrückstand) verkauftes amorphes Pulver, welches in Säuren nur noch schwierig löslich ist. Nach [1] ist die Darstellung folgende: Ein pulverisirtes Gemisch von Borsäure und Kaliumdichromat (8:3) wird etwa 4 Stunden lang in einem Flammofen auf Dunkelrotglut erhitzt:

$$K_2Cr_2O_7 + 16\,B(OH)_3 = Cr_2(B_4O_7)_3 + K_2B_4O_7 + 24\,H_2O + O_3.$$

Aus der so erhaltenen Schmelze wird das Kaliumborat durch heisses Wasser ausgewaschen. Auch das Chromborat wird während dieser Waschprozesse durch Wasser zersetzt: $Cr_2(B_4O_7)_3 + 20\,H_2O = Cr_2O(OH)_4 + 12\,B(OH)_3$.

Die Waschwasser werden auf Borsäure verarbeitet. Das zurückbleibende Hydrat wird nach hinreichendem Auswaschen nur gepresst und feucht verpackt. Dieses Hydrat findet als Chromgrün, Guignets Grün und unter verschiedenen anderen Namen ausgedehnte Anwendung als Farbe.

Litteratur: [1] Wagner-Fischer, Jahresber. d. chem. Technologie 1885, S. 317. *Borchers.*

Chromoxydkali, schwefelsaures, s. Chromalaun.

Chromoxydsalze, Chromverbindungen, finden in der Druckerei und Färberei Verwendung 1. als Chromsäure-Beizen, welche stark oxydirend wirken, 2. als Chromoxyd-Beizen. Als wichtigste Repräsentanten der ersteren sind zu nennen: Kaliumbichromat, schlechtweg Chromkali genannt, sowie das entsprechende Natronsalz, welch letzteres billiger ist, aber in manchen Fällen wegen seiner starken Hygroskopizität nicht gern verwendet wird. Diese Salze dienen u. a. in Verbindung mit Bleisalzen zur Erzeugung des wasch- und lichtechten Chromgelb und Chromorange; ausserdem benützt man sie infolge ihrer oxydirenden Wirkung zur Entwicklung und Fixirung mancher Farben, die mit Blauholz, Catechou, Anilinsalz u. s. w. hergestellt sind. Ebenso verwendet man sie, unterstützt noch durch die Wirkung von Oxalsäure und Schwefelsäure zum Aetzen von mit Indigo blau gefärbten Waren. Ausgedehnten Gebrauch macht man von diesen Salzen in der Wollfärberei, indem man das Wollmaterial mit Chromkali ansiedet und hierauf in Alizarinfarben, Blauholz, Gelbholz u. s. w. ausfärbt. — Die Chromoxydsalze geben mit vielen natürlichen und künstlichen Farbstoffen unlösliche Farblacke, worauf ihre Verwendung im Druck und in der

Färberei beruht. Als wichtigste und meist verwendete wären zu nennen: essigsaures Chromoxyd, schwefelessigsaures Chromoxyd, Chromchlorid und Fluorchrom; von geringerer Bedeutung sind salpetersaures und chlorsaures Chromoxyd, welche nur bei einigen Spezialartikeln Verwendung finden. Das Chromchlorid von den Farbenfabriken Höchst, auch einfach Chrombeize genannt, dient vielfach zur Erzeugung licht- und waschechter Farben auf Seide mit Hilfe der Alizarinfarbstoffe. Fluorchrom, in Anbetracht des höheren Preises und der wenigen Vorteile, die es Kaliumbichromat gegenüber besitzt, findet nur in speziellen Fällen Anwendung, z. B. zum Nachbehandeln von Wolle, die mit Diaminechtrot F. von Cassella gefärbt wurde, wodurch diese Färbungen sehr echt werden.

Litteratur: Wolff, Die Beizen, Wien 1885. *J. B. Weckerlin.*

Chromoxylographie, s. Holzschneidekunst.

Chromozinkographie, s. Zinkographie.

Chromrot (Chromzinnober, Zinnoberimitation, österreichischer Zinnober), basisch-chromsaures Bleioxyd, aus schwefelsaurem, basisch-essigsaurem Bleioxyd, Chlorblei, doppeltchromsaurem Kali und einem Alkali hergestellte, mehr oder weniger intensiv rote Farbe, die sich gleich gut als Wasser- und Oelfarbe, zum Druck u. s. f. eignet. Die Tiefe des Farbentons ist nicht bedingt durch die verwendeten Bleiverbindungen, auch nicht als Resultat einer abweichenden Zusammensetzung anzusehen, sondern sie ist lediglich auf den besonderen Aggregatzustand, in welchem dieses basisch-chromsaure Bleioxyd bei irgend einem der Darstellungsverfahren nach abweichenden Methoden erhalten wird, zurückzuführen. Gewinnt man Chromrot in kristallinischen Körnern (und zwar in je gröberen, desto besser), so kann ihr Feuer und ihre Intensität die des Zinnobers nahezu erreichen. Je mehr man aber die Farbe nass oder trocken zerreibt, die Kristalle zerkleinert, oder bei der Darstellung die Kristallentwicklung durch beständiges Bewegen und Umrühren der Flüssigkeit stört, desto mehr wird die Nuance in diejenige des Chromgelbs übergeführt. Es kann daher der Erfahrungssatz ausgesprochen werden: Das basisch-chromsaure Bleioxyd hat nur in gröberer Kristallform eine rein rote Farbe und ist um so schöner rot, je grösser und vollkommener die Kristalle ausgebildet sind [1]. Die Herstellungsmethoden sind: 1. Fällen einer Lösung von basischem Bleisalz, neutralem Bleisalz, Chlorblei oder Chlorbleioxyden mit einer Lösung von neutralem oder doppeltchromsaurem Kali, Auswaschen mit Wasser, Versetzen mit konzentrirter Aetzlauge; 2. Zusammenschmelzen von Chromgelb mit Salpeter, wodurch zwar dunkelste Töne, aber auf zu kostspielige Weise erzielt werden; 3. Ausfällen eines Gemisches der Lösungen von Bleizucker und konzentrirter Aetznatronlauge mit doppelt-chromsaurem Kali; 4. Behandeln von Bleiweiss mit Aetznatronlauge und Versetzen mit einer Lösung von doppeltchromsaurem Kali; 5. Kochen von basischem Bleioxyd-Chlorblei mit neutralen, und vielfach basischen Chlorbleiverbindungen mit doppeltchromsaurem Kali, oder Kochen der Bleisalze mit Natronlauge im Ueberschuss und Hinzufügen des chromsauren Kali. Vermischen des Chromrots mit weissen Körpern (Gips, Schwerspat) wird nicht leicht vorkommen, weil es zu viel an Intensität verlieren würde.

Litteratur s. unter Chromgelb. *Andés.*

Chromsäure, Chromsäureanhydrit, eigentlich Chromtrioxyd, CrO_3; Molekulargewicht 100,5; spez. Gew. 2,8. Dieses stark sauer wirkende Oxyd kristallisirt in karmoisinroten, rhombischen Prismen, welche bei 193° schmelzen, bei höheren Temperaturen (von 250° ab) unter Sauerstoffabgabe zerfallen. Es ist in Wasser, wahrscheinlich unter Bildung der eigentlichen Chromsäure, H_2CrO_4, löslich. Die Lösung bildet eines der kräftigsten Oxydationsmittel, wirkt daher auch stark giftig. — Die Darstellung der Chromsäure geschieht einfach durch Zerlegung einer gesättigten (kalt) Lösung von Alkalidichromaten mit konzentrirter Schwefelsäure, indem man erstere in letztere unter stetem Umrühren einfliessen lässt. Je nach der Arbeitsweise und dem angewendeten Alkalisalze ($K_2Cr_2O_7$ oder $Na_2Cr_2O_7$) wird zuerst Chromsäure oder zuerst Alkalisulfat zur Abscheidung kommen. Die Chromsäurekristalle werden, nachdem auf Trichtern die anhängende Mutterlauge abgetropft ist, entweder direkt benützt oder für andere Zwecke aus

Wasser oder auch aus Eisessig (konzentrirter Essigsäure) umkristallisirt. In der Technik begnügt man sich aber vielfach mit der unreinen, alkalisulfathaltigen Chromsäure, welche man beim Vermischen von Chromaten mit Schwefelsäure erhält. Anwendungen: als kräftiges Oxydationsmittel in der Anilinfarbenindustrie, in Chromsäureelementen, bei chemischen Untersuchungen u. s. w. *Borchers.*

Chromsäureanhydrit, s. v. w. Chromsäure.

Chromsäuresalze oder Chromate sind die Salze der Chromsäure, H_2CrO_4, oder Vereinigungsprodukte basischer Oxyde mit dem Chromtrioxyde, CrO_3. Im allgemeinen zeichnen sich die Chromate durch ihre zwischen Gelb und Rot spielende Farbe aus. Die als Farbstoffe in der Technik benützten Blei- und Baryumchromate wurden schon in den Artikeln Bleichromat, Baryumchromat, Chromgelb u. s. w. berücksichtigt. Ihres Gehaltes an Chromsäure wegen zur Herstellung anderer Chromate und für Oxydationszwecke sind technisch wichtig Ammonium-, Kalium- und Natriumchromat, bezw. -dichromat.

Chromeisenstein, $FeOCr_2O_3$, bildet, abgesehen von einigen chromhaltigen Abfallprodukten das einzige Rohmaterial für die Gewinnung der Chromate und der übrigen Chromverbindungen. Nach feinster Zerkleinerung wird derselbe mit Zuschlägen von Kalk und Soda in Flammöfen (Fortschauflungsöfen, s. Bd. 2, S. 458) oxydirend geröstet. Der Kalkzuschlag hat lediglich den Zweck, bei Aufrechterhaltung der Basicität des Röstgutes das Zusammenschmelzen desselben zu verhindern. Entsprechend folgender Umsetzungsformel:

$$2\,FeOCr_2O_3 + 4\,Na_2CO_2 + 7\,O = Fe_2O_3 + 4\,Na_2CrO_4 + 4\,CO_2$$

bildet sich Natriumchromat, das aus dem Röstprodukte ausgelaugt wird. Da aber das normale Chromat nur wenig Verwendung findet, so wird in der Regel die erhaltene Lauge nötigenfalls nach vorheriger Konzentration mit Schwefelsäure soweit angesäuert, bis das neutrale Chromat fast vollständig in Bichromat übergegangen ist: $2\,Na_2CrO_4 + H_2SO_4 = Na_2Cr_2O_7 + Na_2SO_7 + H_2O$.
Beim Konzentriren soggt man ausfallende Nicht-Chromsalze aus und verdampft, bis eine Probe des Salzes erstarrt. Nach Ausschöpfen oder Abziehen der Flüssigkeit in flache, eiserne Formen, lässt man erkalten und erhält so das Bichromat des Handels. — Soll das Kaliumbichromat dargestellt werden, so dampft man die Natriumdichromatlösung nicht so weit ein, sondern zersetzt die noch dünne Lauge mit Chlorkalium, soggt den grössten Teil des sich dabei bildenden Chlornatriums aus und lässt kristallisiren. Die normalen Chromate werden meist durch Neutralisation der Dichromate mit den entsprechenden Alkalihydraten gewonnen. Um schliesslich zu den Ammoniumchromaten zu gelangen, muss man aus dem Natriumchromat zunächst Chromsäure und aus dieser durch Neutralisation mit Ammoniak die Ammoniumchromate herstellen.

Natriumchromat, chromsaures Natron, Na_2CrO_4, gelbes, leicht lösliches, an der Luft zerfliessliches, mit bis zu $10\,H_2O$ kristallisirendes Salz. — Natriumdichromat, saures chromsaures Natron, $Na_2Cr_2O_7$, rotgelbes, leicht in Wasser lösliches Salz; das Handelsprodukt bildet dünne, aus erstarrten Kristallen bestehende Platten, die bis zu $2\,H_2O$ enthalten können. — Kaliumchromat, chromsaures Kali, K_2CrO_4, bildet gelbe, leicht lösliche, an der Luft zerfliessliche Kristalle. — Kaliumdichromat, saures chromsaures Kali, $K_2Cr_2O_7$, kristallisirt in grossen roten Kristallen, die haltbarer an der Luft sind als die anderen Salze, sich auch ohne Zersetzung bei Rotglut schmelzen lassen; es ist in etwa 10 Teilen Wasser löslich. — Ammoniumchromat, chromsaures Ammon $(NH_4)_2\,CrO_4$, gelbes, kristallinisches, leicht lösliches, beim Erhitzen leicht zersetzbares Salz. — Ammoniumdichromat, saures chromsaures Ammon $(NH_4)_2\,Cr_2O_7$, rotes, kristallisirtes, leicht lösliches Salz, das sich beim Erhitzen ebenfalls leicht zersetzt.

Die Chromsäuresalze dienen als Oxydationsmittel und als solche als Depolarisatoren in galvanischen Elementen, zur Darstellung von Farben und als Farben.

Litteratur: Ueber die Darstellung der Chromate sind zwei beachtenswerte Mitteilungen bekannt: [1] Häussermann in Zeitschrift für angew. Chemie, 1893, S. 360, und [2] Lunge, ebd., 1894, S. 101. *Borchers.*

Chromsalz, rotes, s. v. w. Kaliumchromat, s. Chromsäuresalze.

Chromschwarz, durch Glühen von Chromoxyd mit wechselnden Mengen von Eisenoxyd erhalten; das beste Verhältnis für ein tiefes Schwarz ist 1 Teil Chromoxyd, 4 Teile Eisenoxyd. Die Farbe findet hauptsächlich in der Porzellanmalerei Anwendung. *Andés.*

Chromstahl, s. Eisen.

Chromzinnober, s. Chromrot.

Chronodeik, Instrument von S. C. Chandler zum Erkennen der zwei Augenblicke, zu denen ein Gestirn links und rechts von der Meridianebene dieselbe Höhe erreicht (Zeitbestimmung aus korrespondirenden Sonnenhöhen oder Sternhöhen; vergl. d. Art. Zeitbestimmung) [1]. Da die Höhe selbst dabei nicht gemessen zu werden braucht, so enthält das Instrument keine Teilung. Es besteht vielmehr nur in einem vertikal abwärts gerichteten, mit Fadenkreuz (gewöhnlich mehreren „Horizontal"-Fäden) versehenen Fernröhrchen von geringer (etwa fünffacher) Vergrösserung mit Blende für Sonnenbeobachtung, das mit der Alidade fest verbunden ist. Diese ist um eine mittelst Kreuzlibellen gut vertikal zu stellende Axe in einem Dreifuss mit Stellschrauben drehbar und enthält vor dem Objektiv des Fernrohrs noch einen Spiegel, dessen Neigung gegen die Zielaxe des Fernrohrs (oder die Umdrehungsaxe der Alidade) beliebig verändert werden kann, indem er um eine (feste) Horizontalaxe mittelst Schraube drehbar ist; dieser Spiegel hat durch Reflexion das Bild der Sonne oder des Sterns in das Fernrohr zu bringen. Das Instrument wird nun z. B. vormittags auf eine feste Fensterbank u. dergl. gebracht und die Umdrehungsaxe der Alidade mittelst der Libellen gut vertikal gestellt. Nachdem die Falllinie der Spiegelebene in den Höhenkreis der Sonne gerichtet ist (dieser Höhenkreis soll dem 1. Vertikal möglichst nahe liegen, wobei aber geringe Höhen wegen der raschen Veränderlichkeit der Refraktion zu vermeiden sind), neigt man den Spiegel mit der Schraube so, dass man im Fernrohr das Sonnenbildchen erblickt und notirt nun nach der Uhr die Augenblicke, zu denen die Sonnenränder an die (nahe beisammen liegenden) drei „Horizontal"-Fäden „antreten". Der Spiegel bleibt dann scharf unverändert und es wird (also bei genau gleicher Spiegelneigung) die Nachmittagsbeobachtung in derselben Art wiederholt. Die Mitte zwischen den für Durchgang des Sonnenmittelpunkts durch einen Faden (Mittel aus oberem und unterem Rand) oder für einen Rand bei der Vormittags- und Nachmittagsbeobachtung abgelesenen Zeiten ist unter Voraussetzung nicht veränderter Refraktion für beide Beobachtungen und nach Anbringung der wegen Veränderung der Deklination der Sonne zwischen 1. und 2. Beobachtung notwendigen „Mittagsverbesserung" (vergl. d. Art. Zeitbestimmung, korresp. Höhen), der Uhrstand, der dem Augenblick des wahren Mittags (vergl. d. Art.) entspricht. Ebenso für einen Stern (wo wegen Konstanz von δ keine solche Verbesserung notwendig ist und wobei sich zunächst die Sternzeit ergibt), oder wenn bei Sonnenbeobachtung eine Nachmittagsbeobachtung mit der folgenden Vormittagsbeobachtung kombinirt werden soll (wobei dann die sogen. „Mitternachtsverbesserung" anzubringen ist) [2]. Dem Theodolit mit Höhenkreis oder den Spiegelinstrumenten gegenüber hat das Instrument den Nachteil, dass man dort bei I. und II. rasch nach einander beliebig viele Striche der Teilung (bei beliebigem, aber durch gute Stellung der Umdrehungsaxe für beide Beobachtungen konstant zu haltendem Indexfehler, da man die Höhe selbst nicht braucht) einstellen kann, während man hier auf eine Spiegelstellung beschränkt ist. Dagegen hat das Instrument, mit dem man bei genügender Spiegelsicherung zwischen I. und II. recht gute Zeitbestimmungen vornehmen kann (bis auf 1^s, bei guter Aufstellung sogar noch schärfer) den Vorzug der Billigkeit. Es ist jetzt am besten durch den Mechaniker der k. k. Sternwarte in Wien, St. Ressel, zu beziehen zum Preis von etwa 60 ℳ. [3]; auf ein Ressel'sches Instrument bezieht sich die vorstehende Beschreibung.

Litteratur: [1] The Observatory 1881, Jan. (Nr. 45), darnach Zeitschr. f. Instrum. 1881, S. 130; ferner „Sirius" 1885, S. 169; endlich (für die neuere Konstruktion des Instruments, vergl. Schluss des Textes) auch Mitteilungen aus dem Gebiete des Seewesens, Pola, Jahrg. 1891, S. 756. — [2] Ueber den Gebrauch vergl. z. B. Wislicenus, Handb. geogr. Ortsbest. auf Reisen, Leipzig 1891, S. 144—146 (Hartmann und Braun, Bockenheim-Frankfurt, fertigen das Instrument nicht mehr an). — [3] Das Instrument hat durch Ressel (wie auch schon durch die eben Genannten) dem Chandler'schen Modell gegenüber weitere Verbesserungen erfahren nach Vorschlägen von Palisa, dessen Broschüre auch jedem Exemplar beigelegt wird; die Broschüre enthält ebenfalls ausführliche Anleitung zum Gebrauch und (für Sonnenbeobachtung) die Tafel der Mittags- und Mitternachtsverbesserungen auf $0^s,1$, zunächst für die Breite 48° 14', aber mit Angaben der Korrektion für andere Breiten.

Hammer.

Chronograph, „Zeitschreiber“, Zeit-Registrirapparate, Vorrichtungen meist elektromagnetischer Art [1] zum graphischen Notiren des Zeitpunkts für das Eintreten eines gewissen Ereignisses oder einer bestimmten Zeitdauer. Die Bezeichnung Chronograph wird vielfach nicht aus einander gehalten von Chronoskop (s. d.), das demselben Zweck, aber nicht durch graphische Aufzeichnung, sondern durch Ablesung auf einem Zifferblatt oder ähnlich, dient. Unter den elektrischen Chronographen hat neuerdings der von Fuess in Berlin konstruirte viel Verbreitung gefunden [2]. Auf die genauere Einrichtung und insbesondere die Verwendung der Chronographen in der praktischen Astronomie wird der Art. Registrirmethode eingehen [3]; auch über den neuen Photochronographen vergl. ebend.

Litteratur: [1] Ueber nichtelektrische Chronographen s. z. B. Saunier, Lehrbuch der Uhrmacherei (deutsche Uebersetzung), Bd. 3, Glashütte 1879, oder 2. Aufl., Bautzen 1890. — [2] Löwenherz, Bericht über die wissenschaftl. Instr. auf der Berliner Gewerbeausstellung, Berlin 1879. Das Instrument ist neuerdings mehrfach etwas abgeändert worden, z. B. von Cavignato-Lorenzoni (vergl. Lorenzoni, Di una modific. al chronografo di Fuess, Venedig 1881 [Ist. Veneto 1881, S. 1087—1096]) in Italien. — [3] Ueber einige Apparate dieser Art, die in Streifenapparate (ähnlich dem Morse'schen Telegraphenapparat) und Cylinderapparate zerfallen, vergl. vorläufig kurz z. B. Herr-Tinter, Sphär. Astron., Wien 1887, S. 317—320, über die amerikanischen Instrumente von Bond-Walker, Saxton, Mitchel, Locke u. s. f., z. B. Chauvenet, Spher. and Pract. Astronomy, Bd. 2, Philadelphia 1893, S. 86—92. *Hammer.*

Chronometer, „Zeitmesser“, könnte eigentlich jede Uhr und jeder sonstige Apparat zur Zeitmessung genannt werden. Das Wort bezeichnet aber jetzt ausschliesslich die feinsten transportablen und gegen Temperaturänderungen möglichst unempfindlichen Federuhren. Man unterscheidet eine grössere Ausführung, als sogen. Box-Chronometer (Dosen-, See-, Marine-, Schiffs-Chronometer, vergl. auch die Art. Astronomische Uhren und Box-Chronometer), die besonders für die Nautik (Längenbestimmung zur See durch direkte Zeitübertragung) bestimmt, aber auch sonst bei Ortsbestimmungsaufgaben (bei leichtem Transport) als Beobachtungsuhr dort im Gebrauch sind, wo die Aufstellung einer Pendeluhr unmöglich oder zu mühsam ist (Erdmessungsstationen), und eine kleinere Ausführung in Taschenuhrform, aber mit ganz ähnlicher Einrichtung, als sogen. Taschenchronometer (engl. Pocket-Chronometer) für geographische Ortsbestimmungen auf Landreisen in wenig erschlossenen Ländern und neuerdings sogar vielfach als Gebrauchsuhr für feinere Zeitangaben und feinere Zeiterhaltung im bürgerlichen Leben benützt. Es ist dabei übrigens noch zu bemerken, dass man als Taschenchronometer (oder auch Halbchronometer) neuerdings vielfach auch feinere Taschenuhren mit Ankergang bezeichnet, die für manche Zwecke den eigentlichen Taschenchronometern (wegen der langsamen Schwingung der Unruhe der letzteren) vorzuziehen sind (s. u.). Der „Schlag“ der Box-Chronometer ist ganz allgemein $0{,}5^s$, der der Taschenchronometer $0{,}4^s$ oder auch bei den eben erwähnten Ankeruhren wie bei allen anderen Taschenuhren $0{,}2^s$.

Auf die Entwicklungsgeschichte der Marinechronometer kann hier nicht eingegangen werden; es sei nur erwähnt, dass die Engländer John Harrison und sein Sohn William das Preisausschreiben des Parlaments über eine brauchbare Seeuhr (Timekeeper) zuerst befriedigend lösten (1736; unermüdlich verbessert, so dass die praktischen Hauptproben 1761 und 1763 gut ausfielen) und dass ziemlich gleichzeitig der nicht minder berühmte französische Uhrmacher Le Roy, der auch die sogen. Chronometerhemmung erfand (eine „freie“ Hemmung, von dem englischen Uhrmacher Arnold und Le Roys Landsmann Berthoud verbessert und später vielfach abgeändert, z. B. von Earnshaw, von Jürgensen u. v. a.), ebenfalls eine für Längenbestimmung zur See brauchbare Schiffsuhr herstellte. Seitdem ist ununterbrochen sowohl von seiten der Theorie als der Praxis an der Vervollkommnung der Chronometer gearbeitet worden und die Leistungen der besten Box-Chronometer stehen heute kaum hinter denen bereits ausgezeichneter Pendeluhren zurück. Seitdem währt auch in der Nautik der zeitweise mit Heftigkeit geführte Streit zwischen den „Mondsüchtigen“, wie Harrison sagte, die die Länge aus Mondbeobachtungen (Monddistanzen) bestimmen, und denen, die Chronometerübertragung der Zeit vorziehen; Behörden für das Längenproblem: Commissioners of Longitude in England, Bureau des Longitudes in Frankreich. Für die Nautik ist jedenfalls die Chronometermethode von immer grösserer Bedeutung geworden, während auf Landreisen, selbst bei sorgfältigstem Transport, die Chronometer zur direkten Zeitübertragung im allgemeinen wenig leisten können.

Die Konstruktion der Box-Chronometer ist im wesentlichen die der Taschenuhren. Die wichtigsten Teile sind: 1. der Regulator (Régulateur), 2. die Hemmung (Échappement), 3. das Räderwerk (Rouage), 4. die Federkraft (Moteur), die die Bewegung unterhält.

Unter 1. versteht man die Unruhe (Balancier) nebst der auf ihrer Welle sitzenden Spirale (Spiral), die die Schwingungen der Unruhe isochron macht; dieser Isochronismus der Spirale wird hergestellt, indem sie auf eine gewisse Länge abgestimmt wird (Prinzip von Le Roy) oder indem man ihre Enden nach gewissen Kurven formt (Endkurven oder Kurven, Prinzip von Philipps). Bei den heutigen Chronometern wird meist die Arnold'sche Cylinderspirale verwendet. Der Balancier hat verschiedene Formen erhalten, jetzt fast stets die der Fig. 1 (nach Caspari); er hat zugleich die wichtige Aufgabe der Temperaturkompensation: der äussere Streifen *A* ist aus Messing, der innere *B* aus Stahl, so dass wegen der verschiedenen Ausdehnung die kleinen Gewichte *C* bei $\left\{\begin{matrix}\text{steigender}\\ \text{sinkender}\end{matrix}\right\}$ Temperatur $\left\{\begin{matrix}\text{dem}\\ \text{von dem}\end{matrix}\right\}$ Mittelpunkt etwas $\left\{\begin{matrix}\text{genähert}\\ \text{entfernt}\end{matrix}\right\}$ werden, womit durch die entstehende Veränderung des Trägheitsmoments des Systems die „Temperaturkompensation“ sich herstellen lässt. Ausserdem sind zur feinen „Reglage“ noch kleine Korrektionsschrauben *D* vorhanden. Ein Chronometer mit ganz messingener Unruhe und einer Spirale aus Stahl zeigte ein Zurückbleiben um 11^s täglich für je 1^0 C. Temperaturerhöhung, wovon übrigens nur ein geringer Teil auf die Wärmeausdehnung von Balancier und Spirale kommt [1]. Neuerdings sind in der französischen Marine mit gutem Erfolg Chronometer mit Palladium- statt Stahlspiralen eingeführt worden. — Die Hemmung (2. der obigen Aufzählung) ist mit geringen Abänderungen jetzt stets nach Fig. 2 eingerichtet; auf 3. und 4., Räderwerk und Federkraft, braucht hier nicht eingegangen zu werden. Wegen genauerer Beschreibung dieser Instrumente vergl. die Werke [2] bis [10], auch die noch unten zu nennenden Zeitschriften, besonders [15], die auch über die feineren Einrichtungen, die Abänderungen (z. B. die verschiedenen Arten der Kompensation u. s. f.) und insbesondere auch über die Theorie das Notwendige geben.

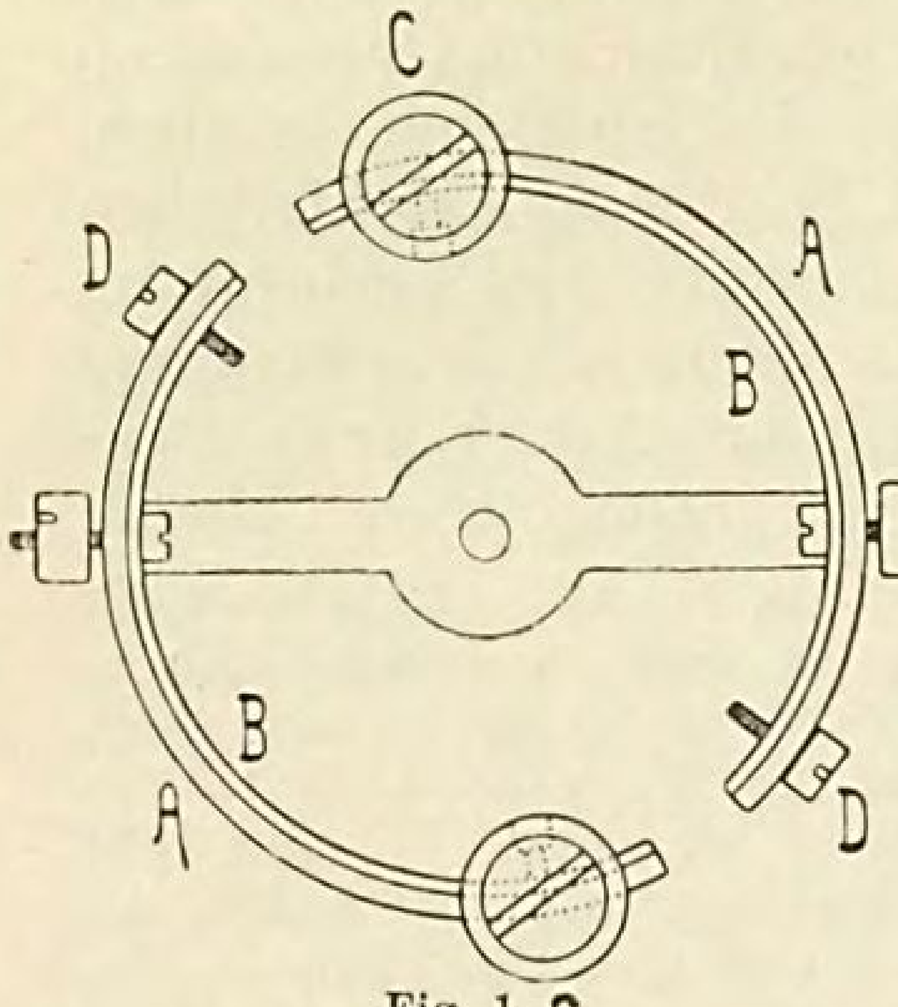
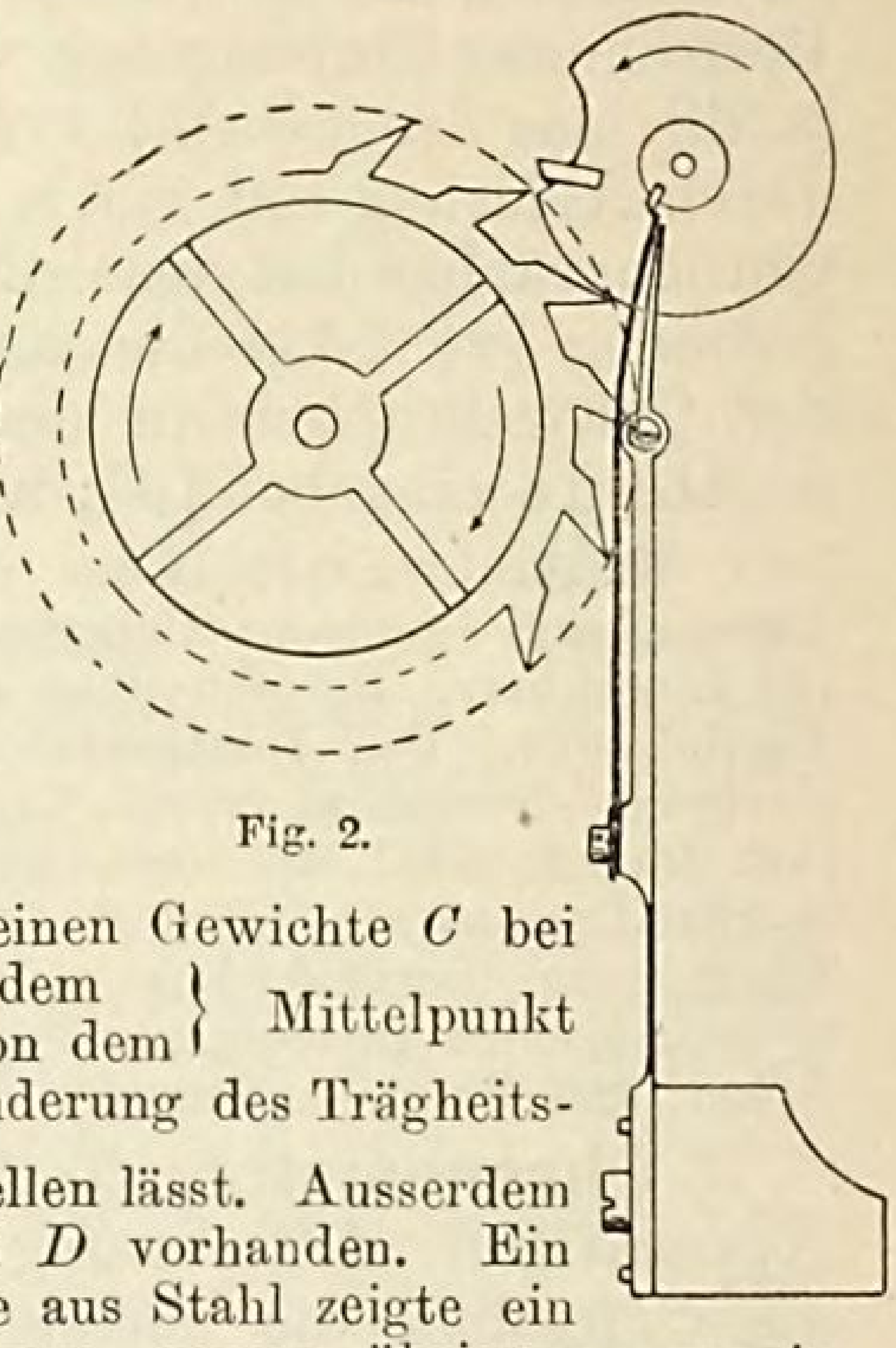


Fig. 1.


Fig. 2.

Der Gang eines Chronometers (der selbstverständlich nach Mittlerer Zeit oder Sternzeit geregelt sein kann) wird, wenn man sich die Temperaturkompensation (s. o.), die für gewöhnlich das Wichtigste bleibt, auch vollständig erreicht denkt, durch eine grosse Anzahl von Ursachen beeinflusst; diese sind: Veränderung der Luftfeuchtigkeit, des Luftdrucks (auch der Wind bei wenig schwankendem Barometer), die Lage der Uhr, Transport der Uhr und die dabei unvermeidlichen Erschütterungen (Schiffsbewegung beim Marinechronometer, die Stösse beim Auftreten des ein Taschenchronometer Tragenden, so dass hier „Marschgang“ und „Ruhegang“ u. U. ziemlich stark verschieden sind), Aenderung der Molekularstruktur der Metalle, permanenter Magnetismus einzelner Teile der Uhr, wenn diese in einem magnetischen Felde sich befand oder befindet, endlich (aber nicht zum mindesten) der Zustand des Oels an der Axe der Unruhe und anderen Teilen der Uhr.

Aus diesen Angaben folgen auch die wichtigsten Vorsichtsmassregeln beim Gebrauch von Chronometern: Schutz vor rascher und sehr starker Aenderung der Temperatur, der Feuchtigkeit; Schutz vor Staub, vor rascher und unregelmässiger Lageänderung (Drehen in der Ebene der Unruhe bringt diese, die, wie oben erwähnt, bei dem Box-Chronometer und dem eigentlichen Taschenchronometer verhältnismässig sehr langsam schwingt, sogar leicht zum Stehen und deshalb ist für manche Zwecke, Reisen in wenig erforschten Ländern u. s. f., d. h. überall bei unbequemem Transport, eine feine Ankeruhr mit $0{,}2^s$ Schlag als Beobachtungsuhr oft vorzuziehen, obgleich diese für die Beobachtungen bei den Ortsbestimmungsaufgaben nicht ganz so bequem ist, wie eine langsam schwingende. Die angedeutete Gefahr des Stehenbleibens und die Notwendigkeit stets derselben Lage beeinträchtigt die Transportfähigkeit der Marinechronometer sehr; wenn je auf einer Landreise ein solches Instrument mitgeführt wird, darf es nur den zuverlässigsten Trägern übergeben werden und ist sogar am besten zwischen zwei Stationen der Reise allemal in Ruhe zu stellen; ferner Schutz vor Erschütterungen aller Art, Stössen u. s. f.; Nachsehen der Uhr in genügend kurzen Zeiträumen (jedenfalls alle 3 Jahre) in Beziehung auf Reinheit aller Teile und den Zustand der Oelung durch einen in dieser Arbeit erfahrenen Uhrmacher (das Oel spielt eine sehr grosse Rolle und schlechter Zustand desselben [Fehlen einerseits, Trockenlaufen der Wellen, „Verharzen“ anderseits] führt besonders die „Sprünge“, sprungweise Aenderungen im Stand des Chronometers, also empfindliche Gangstörungen herbei, vergl. den Art. Astronomische Uhren). Sehr wichtig ist endlich das ganz regelmässige Aufziehen zu einer bestimmten Stunde jeden Tags; ein kleines Hilfszifferblatt bei den Box-Chronometern zeigt den Stand des „Ablaufens“. Ueber den Einfluss von Luftfeuchtigkeit und Luftdruck vergl. den Art. Astronomische Uhren und die dort genannte

Litteratur. Den Einfluss der Feuchtigkeit hat man neuerdings durch luftdicht verschlossene Kästen für die Box-Chronometer verringert oder aufgehoben. Ueber den Einfluss von Erschütterungen fanden und finden an den amtlichen Prüfungsstellen für Box-Chronometer (s. u.), z. B. in der deutschen Seewarte, ausgedehnte systematische Versuche statt. Die Schiffschronometer sind in ihren Gehäusen cardanisch aufgehängt, so dass die Welle der Unruhe stets vertikal bleiben sollte und befinden sich an Bord, in dem sogen. Chronometerspind, im ruhigsten Teil des Schiffs; Taschenchronometer sollen stets möglichst dieselbe Lage behalten, obwohl sie neben der Wärmekompensation auch sogen. „Lage-Reglage" erhalten. — Schon für die Ruhelage und ohne die oben aufgeführten Einflüsse ist selbstverständlich der völlig isochrone Gang eines Chronometers nur mit grosser Annäherung zu erreichen. Veränderung der Temperatur, der Feuchtigkeit, der Struktur der Metallteile, des Oels, machen für jedes Chronometer (jedes einzelne ist ein Individuum) eine besondere, an Land über den ganzen Gebrauch der Uhr fortgesetzte Ganguntersuchung, für die Nautik zunächst die Aufstellung einer „Gangformel" notwendig; diese komplizirt sich noch für die in Bewegung befindlichen Instrumente. Auf den Schiffen wird ein fortlaufendes Chronometerbuch (Chronometer-Journal) über die Stände geführt. Kriegsschiffe werden in der Regel mit (mindestens) drei Chronometern ausgestattet, einmal im Interesse grösserer Genauigkeit der Zeitangabe und sodann, weil man bei nur zwei Instrumenten, falls eines davon einen „Sprung" macht, d. h. seinen gewöhnlichen Gang durch eine plötzliche Standänderung unterbricht, nicht entscheiden kann, für welches von beiden Instrumenten dies der Fall war; Passagier- oder grosse Handelsschiffe begnügen sich oft mit einem (dazu oft noch alten oder „second hand-") Instrument. Ueber Gangformeln und Aufstellung derselben, Behandlung der Chronometer u. s. f. in der Nautik vergl. ausser den schon angegebenen Schriften [2] bis [5] u. [7] und der im folgenden noch zu nennenden Litteratur auch noch z. B. [11] bis [13].

Bei der grossen Wichtigkeit möglichst zuverlässiger Federuhren für das nautische Längenproblem sind insbesondere von seiten der Marineverwaltungen der seefahrenden Völker neuerdings periodische „Chronometerkonkurrenzen" bei den staatlichen Chronometer-Prüfungsinstituten eingeführt worden, mit oft beträchtlichen Preisen für ausgezeichnete Leistungen, wobei Prüfungsergebnisse und weitere Erfahrungen in entsprechenden Zeitschriften veröffentlicht werden (in Deutschland in den Annalen der Hydrographie und maritimen Meteorologie), vergl. [14] bis [18]. In Deutschland ist die wichtigste Box-Chronometerprüfungsstation die deutsche Seewarte in Hamburg (die Kriegsmarine hat eigene Prüfungsinstitute), deren Vermittelung bei dem Kauf eines Box-Chronometers in Deutschland unbedingt in Anspruch genommen werden sollte. Es werden jährliche Konkurrenzen abgehalten (Preise 700—300 ℳ.; jeder deutsche Uhrmacher kann sich beteiligen); in Frankreich und England sind Hauptprüfungsorte die Sternwarten Paris und Greenwich. Für Taschenchronometer übernimmt so ziemlich jede Sternwarte die Prüfung.

Gute deutsche Firmen für Box-Chronometer, deren Erzeugnisse jeden Vergleich mit den besten englischen und französischen Werken aushalten, sind gegenwärtig: Bröcking (Hamburg), Diedrich (Geestemünde), Ehrlich (Bremerhaven), Eppner (Berlin), Kittel (Altona), Knoblich (Hamburg), Krille (Altona), Kutter (Stuttgart), Nieberg (Altona), Sackmann (ebd.), Tiede (Berlin). Doch ist mit dieser alphabetischen Aufzählung selbstverständlich nicht gesagt, dass man auch von weniger bekannten Firmen gelegentlich vortreffliche Werke bekommt. Zu betonen ist nochmals, dass man ein Box-Chronometer nur durch Vermittelung der deutschen Seewarte kaufen oder vom Verfertiger das Prüfungsattest jenes Instituts verlangen soll. — Taschenchronometer bezieht man (abgesehen von den ausgezeichneten Schweizer Uhren aus Le Locle u. s. f.) in Deutschland neuerdings gut von Glashütte in Sachsen (Lange & Söhne), von Wessel in Freiburg i. Br., Kutter in Stuttgart und v. a. Auch hier darf das Prüfungszeugnis einer Sternwarte nicht fehlen. Der Preis eines Box-Chronometers ist, je nach dem Prüfungszeugnis 500—1000 ℳ. und mehr. Die äussere Ausstattung schwankt bei diesen Instrumenten sehr wenig, um so mehr natürlich bei den Taschenchronometern, bei denen sie vielfach ein Hauptfaktor des Preises ist. Feine Ankeruhren, die den eigentlichen Taschenuhren auf Landreisen gelegentlich vorzuziehen sind (s. o.), erhält man bei einfachster Ausstattung heute schon von 100 ℳ. an. Eigentliche Taschenchronometer kosten bei einfacher Ausstattung 250—400 ℳ., bei reichem Goldgehäuse u. s. f. bis 800 ℳ. und mehr.

Litteratur: [1] Vergl. z. B. Séances de la Soc. franç. de Physique, 1876, S. 235; ferner über einige nicht kompensirte Chronometer von Kessels in Astr. Nachr. Nr. 84, S. 224, und über eine Anwendung solcher Instrumente: Bessel, Abhandl., Bd. 2, Leipzig 1876, S. 82; endlich Versuche mit einem nicht kompens. Chronometer, Annalen der Hydrographie, 1891, S. 312. — [2] Elementar, aber kurz und klar (speziell für die Seemannspraxis bestimmt) ist Stechert, Das Marinechronometer (im Auftr. der Seew. bearb.), Hamburg 1894. — Sehr eingehend hat sich seit 20 Jahren der französische Marineingenieur Caspari mit den Chronometern beschäftigt und viele eigene Erfahrungen nebst vollständiger Darstellung der Arbeiten Anderer in den Werken niedergelegt: [3] Untersuchungen über Chronometer etc. (Paris 1878, von der franz. Akad. preisgekrönt), deutsch (erweitert unter Mitwirkung des Verf.) von Pohlke, Bautzen 1893; noch mehr populär gehalten ist [4] C., Les Chron. de Marine (Encycl. des Aide-Mém.), Paris 1894, mit reichen Litteraturangaben; [5] C., Astronomie pratique. Bd. 1, Paris 1888,

S. 225—276. — Auch so ziemlich alle anderen Lehrbücher der geogr. Ortsbest. und Nautik bieten Belehrung, vergl. z. B. [6] Herr-Tinter, Sphär. Astr., Wien 1887, S. 307—311 (kurz, aber für manche praktische Zwecke genügend) oder in Beziehung zur Nautik, ausser der unter [2] genannten Anleitung und den zahllosen englischen und französischen Werken, z. B. [7] Handbuch der Navigation (vom deutschen Marineamt), 2. Aufl., Berlin 1881, S. 172—203. Endlich geben alle Lehrbücher der Uhrmacherkunst Auskunft, z. B. der [8] Traité d'Horlogerie von Saunier, deutsche Uebersetzung, 2. Aufl., Bautzen 1890, oder [9] Gelcich, Uhrmacherkunst und Behandlung der Präc.-Uhren, Wien 1892 (Spirale S. 264 ff., Hemmung S. 387—420, Triebfeder S. 228—256 u. s. f.). Wichtiges Neuere s. auch in den [10] C. R. du Congrès de Chronométrie 1889, Paris 1890. — [11] Shadwell, Notes on the Management of Chr., London 1861. — [12] De Magnac, Recherches sur l'emploi des Chr. à la Mer, Paris 1874. — [13] Villarceau et de Magnac, Nouvelle Navigation astron., 2 Bde., Paris 1877 (hier wird, womit wohl am besten die heutige Wichtigkeit der Chronometermethode für die Längenbestimmung in der Nautik bezeichnet ist, überhaupt keine andere Längenbestimmungsmethode mehr vorgetragen) u. s. w. — Die folgende Aufzählung der periodischen Litteratur nimmt nicht nur auf diese „Konkurrenzen" Rücksicht, sondern gibt das Wichtigste dieser chronometrischen Sammelwerke überhaupt. [14] Vergl. neben dem ältern „Regulativ für das Chronometer-Prüfungsinstitut bei der Seewarte in Hamburg" (Hamburg 1876) die neueren Aufsätze von Peters, Börgen u. v. a. in fast allen Jahrgängen der Ann. der Hydrogr. etc. (Einzelnes als Beispiele: Peters, Chron.-Gänge, 1887, S. 505; Verhalten der Mar.-Chron. gegen versch. Feucht., 1889, S. 107; Temp. Corr. ebd., S. 149; Verhalten der Chronometer auf bewegter Unterlage ebd., S. 225; Konkurrenzprüfung ebd., S. 298, Gangformeln für die Chronometer dieser Prüfung, S. 303. — Klassifikation der Chronometer etc., 1890, S. 41; 13. Konkurrenzprüfung ebd., S. 305. — Vergleich. der Chronometer nach ihrer Kompensationsart, 1891, S. 503, Temperaturkorr. ebd., S. 27. — 17. (neueste) Konkurrenzprüfung, 1894, S. 279—283. — [15] Die wichtigste französ. Chronometerzeitschrift (zwanglos) sind die „Recherches sur les Chronomètres" (et Instr. nautiques), Dépôt de la Marine, Paris 1859—94, bis jetzt Heft 1—16, die alle wichtigen theoretischen und praktischen Arbeiten der Franzosen auf diesem Gebiet enthalten (die schon unter [3] oben citirte Arbeit von Caspari ist eines dieser Hefte); auch [16] die „Annales Maritimes" und die „Revue Maritime et Coloniale" enthalten Chronometer-Berichte (die zuletzt genannte Zeitschrift z. B. im Jahrg. 1887 Rollet de l'Isle, Concours etc.). — [17] Die englischen Chronometerresultate sind besonders gegeben in den „Greenwich Rates of Chr. on trial for purchase by the Board of Admiralty at the Roy. Obs. Greenw." (und ähnliche Titel), z. B. für Oktober 1891 bis Januar 1892, London 1892 erschienen. — [18] Uebrigens bestehen Einrichtungen zur Prüfung von Chronometern und Chronometerkonkurrenzen selbstverständlich auch an anderen Orten mit grosser, feiner Uhrenindustrie, in der Westschweiz (Jura) z. B., s. z. B. Gautier, Le service chronom. à l'Obs. de Genève et les concours etc. (auch mit Nachrichten über die Einrichtungen anderer Sternwarten zur Untersuchung von Taschenchronometern, z. B. in Neuchatel), Genf 1894; Cellerier, Conc. national de Comp. des Chronom., Genf 1885 und desselben Études numériques des Concours de Comp. etc., Genf 1887. — [19] Berichte über die Fortschritte in der Anfertigung von Box- und Taschen-Chronometern bringen endlich auch alle Uhrmacherzeitungen, z. B. die deutsche Uhrmacherzeitung, Revue Chronométrique (Paris), Journal suisse d'Horlogerie (Genf), Horological Journal (London) u. s. f. *Hammer.*

Chronoskop (Chronograph) heisst eine Vorrichtung zur Zeitbestimmung und zwar 1. zur Bestimmung der Uhrzeit eines Ereignisses mit einer Genauigkeit von sehr kleinen Bruchteilen einer Sekunde, 2. zur Messung der Dauer sehr kurzer Zeitabschnitte, 3. zur graphischen Fixirung des Verlaufs rasch folgender Veränderungen.

Wenn der Astronom, den Durchgang eines Fixsterns durch das Sehfeld des Fernrohrs verfolgend, zugleich die Schläge einer die Sekunden bestimmenden Uhr vernimmt, so ist es ihm möglich, den Durchgang eines Fixsterns durch einen der Fäden des Fadennetzes mit einer Genauigkeit anzugeben, welche höchstens Zehntelsekunden erreicht. Eine wesentlich grössere Genauigkeit erreicht er, wenn er die Auge- und Ohrmethode durch die Auge- und Handmethode ersetzt. Das Chronoskop von Fuess (R. Fuess, Berlin, alte Jakobstr. 108), eine dem Morse'schen Schreibtelegraphen nachgebildete Vorrichtung, welche mit der astronomischen Uhr in elektrische Verbindung gesetzt wird, gestattet dem Beobachter, seine Aufmerksamkeit ungeteilt dem zu beobachtenden Ereignis zu widmen, dessen Eintritt durch einen kurzen Fingerdruck markirt wird. Das Chronoskop zeichnet auf einem fortlaufenden Papierstreifen zwei farbige Linien, deren eine die Anfänge der einzelnen Sekunden durch Auszackungen, deren andere ebenso die Momente der Tastbewegungen angibt, derart, dass letztere mit einer Genauigkeit von 0,001 Sekunden verzeichnet werden. Auch der aus der Zeit der Nervenleitung des Beobachters entspringende Fehler, die sogen. persönliche Gleichung, kann mittelst desselben Apparates ermittelt werden.

Die Chronoskope haben, je nach dem Zwecke, welchem sie dienen, sehr verschiedene Einrichtungen. Die allergenauesten chronoskopischen Vorrichtungen sind die von Arago und von Fizeau ersonnenen Vorrichtungen zur Ermittelung der Zeit, welche das Licht braucht (s. den Artikel Licht), um Strecken von einigen Kilometern oder gar nur von wenig Metern zurückzulegen. Wegen der direkten Beziehung des Lichtes zum Auge erfordern diese Versuche keine besonderen Vorrichtungen zur Auslösung von Mechanismen. Solche Auslösungen,

selbstthätig wirkend, sind notwendig, wenn es sich darum handelt, Dauer und Verlauf einer mechanischen Ortsveränderung an einer Uhr oder an irgend einer die Uhr ersetzenden Bewegung von bekanntem Verlaufe zu messen.

Das Chronoskop von Hipp (Telegraphenfabrik Hipp in Neuenburg, Schweiz), vergl. [1] und [2], eine Verbesserung des von Wheatstone 1840 konstruirten Apparates, schaltet vom Beginn bis Schluss der zu messenden Ortsveränderung ein leicht bewegliches Zeigerwerk in den Gang einer Uhr ein, derart, dass die Zeit der Einschaltung bis auf 0,001 Sekunden genau abgelesen werden kann. Z. B. wird die Zeit eines fallenden Körpers bei Fallhöhen von etwa ein Meter, die Geschwindigkeit eines Geschosses innerhalb weniger Meter vor der Mündung des Laufs ermittelt, indem durch den bewegten Körper selbst am Anfangspunkt der Strecke ein zuvor geschlossener elektrischer Strom geöffnet, am Ende der Bahn eine Zweigleitung des Stromes durch eine Falle wieder geschlossen wird. Während der Dauer der Stromöffnung bleibt mittelst des losgelassenen Ankers eines Elektromagnets das Zählwerk der Uhr eingeschaltet. Werner Siemens [3] misst die Geschossgeschwindigkeit im Laufe zwischen beliebig vielen verschiedenen Stellen des Laufs, indem er durch Bohrungen in der Rohrwand isolirte feine Drähte zieht, deren jeder mit der innern Belegung einer Leydner Flasche oder mit dem einen Pol eines Funkeninduktors in Verbindung ist. Im Augenblick des Kontaktes von Draht und Geschoss findet die Ableitung der Flaschenladung zum Rohr und damit zur äusseren Belegung oder dem andern Pole statt. In den Entladungsweg ist eine rotirende Metalltrommel eingeschaltet, gegen deren polirte Oberfläche aus einer gegenüberstehenden Metallspitze der Funke überschlägt. Die Trommel macht in der Sekunde 100 Touren und die Orte der Entladungsspuren auf dem Umfang der Trommel gestatten eine Zeitbestimmung mit der Genauigkeit einer Vierzigtausendstel-Sekunde. Eine bequeme mechanische Vorrichtung, an deren Bewegung die Zeit einer andern Bewegung gemessen werden kann, bildet ein freifallender Körper bei dem Chronoskop von Le Boulengé oder ein fallendes Pendel bei dem Apparate von Navez, wobei durch elektrische Auslösung der Beginn des Falls gleichzeitig mit demjenigen der zu messenden Bewegung erfolgt und der Ort des fallenden Körpers zur Zeit des Schlusses der Bewegung markirt wird. Bei dem Chronoskop von Beetz [4] wird die Zeit durch die Bewegung einer Stimmgabel gemessen, welche während ihrer Bewegung, vorwärts geschoben, auf berusster Fläche eine Wellenlinie zeichnet. Die Marken auf der Wellenlinie werden durch überspringende Induktionsfunken erzeugt und die Zahl der Wellen zwischen zwei Marken gibt das Mass der Zeit. Die Bestimmungen sind bis auf 0,0005 Sekunden genau. Der Stimmgabelchronograph von Carl zeichnet die Wellen mit den Marken auf eine Schraubenwalze. Die beiden letzteren Systeme liefert Dr. Edelmann, München, ersteres zu Preisen von 110—800 ℳ., letzteres zu 265 ℳ. Das Prinzip der Zeitbestimmung nach den Schwingungen einer Stimmgabel verwirklicht in einfachster Weise das Chronoskop von J. Kuhn, Stuttgart, dessen sich Prof. G. Jäger bedient, um die mit den psychischen Zuständen desselben Individuums wechselnde Zeit kurzer Tastbewegungen des Fingers zu messen. Eine Uhr mit Stimmgabelhemmung teilt der Schwingungszahl der Stimmgabel entsprechend die Sekunde in 250 gleiche Teile, während der Dauer der Tastbewegung bleibt ein Zeiger in den Gang der Uhr eingeschaltet.

Das gemeinsame Prinzip all dieser genannten Vorrichtungen besteht darin, den Verlauf einer zu untersuchenden Veränderung an dem Verlauf einer bekannten Ortsveränderung zu messen. Ein anderes Prinzip der Chronoskopie besteht darin, während der Dauer der zu messenden Veränderung eine Kraft wirken zu lassen und die Zeit der Grösse der Kraftwirkung proportional zu setzen. Die gleichartigen Schwingungen eines Magnetstabs, der an einem Faden als Umdrehungsaxe aufgehängt ist, werden eine in der Grösse des Ausschlags erkennbare Störung erfahren, wenn der Magnetstab während des Durchgangs durch die Gleichgewichtslage der kurz dauernden Einwirkung einer stromdurchflossenen Drahtspirale ausgesetzt war. Aus dem Betrage der Aenderung des Ausschlags lässt sich die Zeit des Stromschlusses berechnen. Diese von Pouillet 1844 [5] zuerst angewendete Methode wurde durch von Helmholtz [6] vervollkommnet und zu physiologischen Messungen (Geschwindigkeit der Nervenleitung und Zeit von Muskelzuckungen) verwendet. Besonders aber wurde von den Physiologen das Siemens'sche Prinzip der Aufzeichnung des Verlaufs der Vorgänge auf einer rotirenden Trommel oder Scheibe weiter ausgebildet in dem Myographion von Helmholtz, dem Federmyographion von Du Bois-Reymond, dem Pendelmyographion von Fick, dem Kymographion von Ludwig, dem Pantokymographion von Engelmann [7].

Litteratur: [1] Müller Pouillets Lehrb. d. Physik u. Meteorol., umgearb. von Pfaundler, Bd. 3, S. 672, Braunschweig 1888—1890. — [2] Hirsch u. Plantamour, détermination télégraphique de la différence de longitude entre Genève et Neuchatel, Genf 1864. — [3] Pogg. Ann., Bd. 66, S. 435, 1845. — [4] Dr. Fricks physikalische Technik von O. Lehmann, Bd. 2, S. 269, 6. Aufl., Braunschweig 1895. — [5] Müller Pouillet, a. a. O., S. 675. — [6] H. v. Helmholtz, Wissensch. Abhandlungen, Physiologie, S. 745—952, Leipzig 1883. — [7] Engelmann, Das Pantomyographion, Archiv für gesamte Physiologie, Bd. 60, Bonn 1895.

Aug. Schmidt.

Chronoskope hat man ferner auch alle möglichen Apparate und Instrumente zur (ungefähren) Zeitbestimmung genannt. (Dem Ausdruck an sich nach könnte man ja mit vollem Recht neben den oben beschriebenen Instrumenten zur feinsten Zeitpunkt- oder Zeitdauerbestimmung, die die Chronoskope im heutigen Sinne vorstellen, auch jede beliebige Uhr, z. B. eine Sonnenuhr oder eine Taschenuhr oder Instrumente nach Art des Dipleidoskops oder Gnomons [vergl. diese Art.] so nennen; die im folgenden noch zu erwähnenden Apparate tragen aber ihren Namen meist mit Unrecht). Z. B. hat C. A. Steinheil in München ein kleines Instrument „zur Bestimmung der Zeit und der Polhöhe ohne Rechnung" so genannt [1], ebenso Prof. Riess in Stuttgart ein (wenig brauchbares) Hilfsmittel zur Zeitbestimmung u. s. f.

Litteratur: [1] Vergl. Steinheil, Abhandlungen der 2. Klasse d. k. bayer. Akad. der Wiss., Bd. 10, 2. Abt., 1868, auch Sep.: Das Chronoskop, München 1870. *Hammer.*

Chrysamin, Chrysanilin, s. Farbstoffe, künstliche organische.

Chrysen, s. Teer.

Chrysoberyll, Cymophan, ein Mineral, natürliches Beryll-Aluminium-Oxyd $= BeAl_2O_4$ (19,8 % BeO, 80,2 % Al_2O_3), ausserdem etwas Fe_2O_3, TiO_2 und Cr_2O_3 enthaltend; kristallisirt rhombisch, meist kurzsäulig oder tafelartig; unvollkommen spaltbar, mit muscheligem Bruch; durchsichtig und durchscheinend, grünlichweiss, smaragd-, gras- oder spargelgrün, seltener gelb; glasglänzend. Dichroitisch, besonders der sogen. Alexandrit, welcher im weissen Tageslicht smaragdgrün, im gelben Lampenlicht blaurot bis rot ist. Härte 8,5; spez. Gew. 3,65—3,8. Vor dem Lötrohr unveränderlich, unschmelzbar, in Säuren unlöslich. Durch Aetzkali und reines schwefelsaures Kali zersetzbar; durch Reiben elektrisch werdend. Vornehmlich in Brasilien, Borneo und am Takowaiafluss im Ural (Alexandrit). Ziemlich geschätzter Edelstein, der entweder en cabochon oder auch in Brillantform (mit Goldfolienunterlage) zu Ring- und Nadelsteinen verschliffen wird (mit Smirgel auf Messingscheibe, polirt mit Tripel auf Zinn). Preis 5—15 *M.* pro Karat und beim Alexandrit 5—200 *M.* pro Karat. *Leppla.*

Chrysokoll, Kieselkupfer, Kieselmalachit, Kupfergrün, ein Mineral, wasserhaltiges Kupfersilikat $= CuSiO_3 + 2\,H_2O$ (34,21 % SiO_2, 45,27 % CuO, 20,52 % H_2O), amorph, traubig, nierenförmig und als Anflug und Ueberzug; spröd, muschelig brechend; grün in verschiedenen Tönen, hellgrüner Strich, wenig glänzend, durchscheinend. Härte 2—3. Spez. Gew. 2,03—2,15. Gibt, im Kolben erhitzt, Wasser, schmilzt nicht vor dem Lötrohr, wird von Salzsäure unter Abscheidung von Kieselsäure zersetzt. Meist mit Malachit vergesellschaftet. Wird zur Kupfergewinnung benützt. *Leppla.*

Chrysokolla, frühere Bezeichnung für Borax.

Chrysolith, s. v. w. Olivin.

Chrysopras, s. Quarz.

Chrysorin, s. Messing.

Chrysotil, s. Asbest.

Chrysotypie, s. Photographie.

Chtonisothermen, s. v. w. Isogeothermen; s. Geothermik.

Ciborium, s. Altar, Bd. 1, S. 249.

Cicero, eine Schriftgattung von 12 typographischen Punkten Kegel- oder Körperstärke, so benannt, weil damit die Schriften Ciceros, soweit sie auf uns gekommen, zuerst gedruckt worden sein sollen. Aus gleichem Grunde nennt man diese Schriftgrösse in französischen Druckereien Saint Augustin; jetzt wird sie indes daselbst fast nur noch nach der Grösse als Corps douze bezeichnet; in England und Amerika heisst sie Pica. S. Schriftarten. *Theod. Goebel.*

Cichorienbraun, braune Erdfarbe, meistens gebrannte Umbra von Farbentönen der gebrannten Cichorienwurzel.

Cichoriendrill, s. Reihensämaschine.

Ciderpresse, s. Mostpresse.

Cif (bei Preisangaben für Jute, Wolle u. s. w.), eine Abkürzung für cost, insurance, freight und bedeutet also Preis einschliesslich Versicherung und Fracht.

Cimolit, s. Kaolin.

Cinchonin, Alkaloïd (s. d.) der Zusammensetzung $C_{19}H_{22}N_2O$ aus der Gruppe der Chinabasen. S. Chinin.

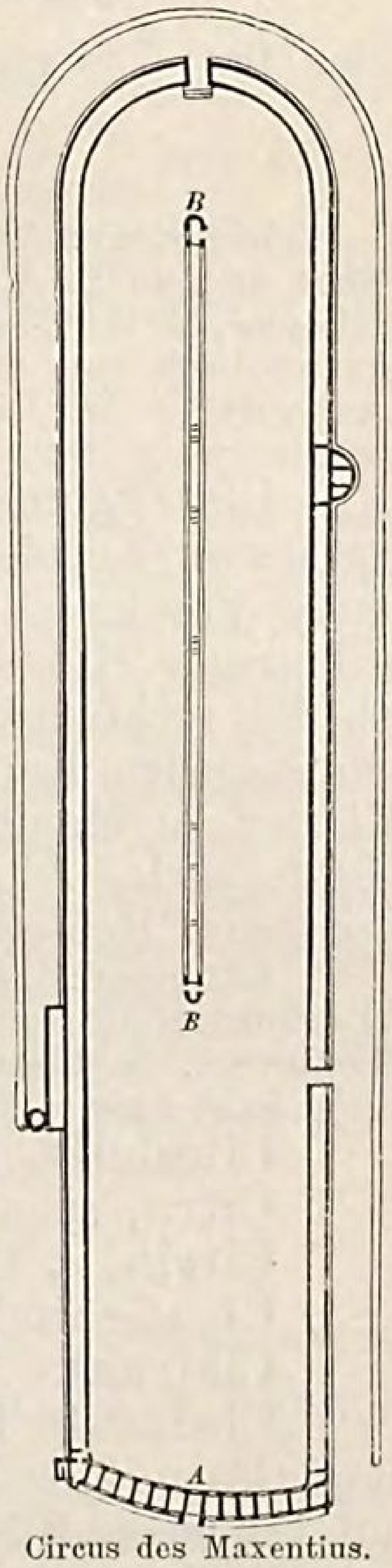
Cinerarium, s. Leichenverbrennung.

Cipollin, Cipollino, Zwiebelmarmor, ein kristallin-körniger Kalk, welcher viel weissen Glimmer (Muskovit) oder grünen Chlorit oder Talk in Schichten oder dünnen Lagen enthält. Die Farbe ist meist hell, weiss, grau oder gelblich, oft grau oder grün geflammt und gestreift durch die lagenweise Verteilung der Glimmer- oder Chloritblättchen. Längs des lagenweis verteilten Glimmers löst sich das Gestein oft leicht von einander, wird schieferig und blättert bei der Verwitterung auf (gleich den Schalen einer Zwiebel). Cipollino antico, weiss mit grünen Chloritlagen und Streifen, stammt von Mons Oca bei Carystos auf Euboea; Cipollino de Polcheverra und Verde d'Egitto, Marmo verdello sind grüne körnige Kalke mit Serpentin- oder Chlorit-Lagen und Streifen. *Leppla.*

Cippus, der einfachste antike Grabstein, bestehend aus einer Platte, die aufrecht gestellt und mit einem Giebel oder einer Akroterie geschmückt erscheint.

Circassienne, (Zirkass), dem Kaschimir verwandter, leichter, weniger gewalkter und vierschäftiger Köper; s. Weberei und Tuchfabrikation.

Circus ist die römische bauliche Anlage, welche für Wettrennen zu Wagen und zu Pferd diente. Sie bestand aus dem Rennplatz (arena) und dem Zuschauerraum; ersterer war ungemein lang und schmal, letzterer erhob sich amphitheatralisch in mehreren Stockwerken und endete häufig in einer Säulenstellung.



Circus des Maxentius.

Die Circusse bildeten kolossale Anlagen, die noch weit bedeutender waren als die grössten bekannten römischen Amphitheater. In der Mitte der Arena (s. Fig.) zog sich eine erhöhte Brustwehr *B B* (spina) hin, die durch auf dieselbe gestellte Bildwerke, Obelisken u. dergl. verziert erschien; an jedem Ende derselben befand sich ein kegelförmiger Zielstein (meta). Die eine Schmalseite der Arena war im Halbkreis geschlossen, und hier befand sich unter dem Zuschauerraum, die für den festlichen Auszug des Siegers bestimmte Porta triumphalis. Die entgegengesetzte Seite der Arena enthielt ein Portal, durch welches diejenigen einzogen, die sich am Wettkampfe beteiligen wollten. Hier befanden sich auch die Stallungen *A* (carceres), die an ihren beiden Enden durch Türme ausgezeichnet erschienen. Die Stallungen selbst nahmen im Grundriss die Form eines Kreissegmentes an, dessen Mittelpunkt rechts von der Meta in der Arena lag; dies war auch die Stelle, von welcher das Wettrennen begann. Die kaiserliche Loge (pulvinar) befand sich in der Mitte der rechten Langseite; dieser schräg gegenüber hatte der Prätor seinen Platz, der durch das Fallenlassen eines Tuches das Zeichen zum Beginn des Wettrennens gab. Merkwürdigerweise haben sich von den kolossalen römischen Circusanlagen nur sehr bescheidene Reste erhalten; die bedeutendsten findet man noch in den Ruinen des Circus des Maxentius an der Via Appia bei Rom. Die grösste Anlage scheint der Circus maximus gewesen zu sein, der nach Plinius' Bericht 260000 Sitzplätze aufzuweisen hatte. Die Rennbahn soll eine Länge von 595 m und eine Breite von 110 m gehabt haben.

Dann wäre noch zu erwähnen der Circus des Caligula und des Nero, von welchen Prof. Ebe [1] in seinem neuesten Werke eine gute Restauration bringt. Auch heutigen Tages gibt es Circusanlagen, die eine ähnliche Bestimmung haben; in diesen werden Produktionen von Reitkünstlern und ähnliche Schaustellungen abgehalten, während eigentliche Wettrennen darin nicht mehr stattfinden. Die Dimensionen sind verhältnismässig bescheiden; die Arena pflegt kreisförmig angelegt zu sein und erheben sich um dieselbe die Sitzplätze ebenfalls amphitheatralisch.

Litteratur: [1] Gustav Ebe, Abriss der Kunstgeschichte des Altertums, Düsseldorf 1895.
von Schubert-Soldern.

Cirren (Cirri), s. Wolken.

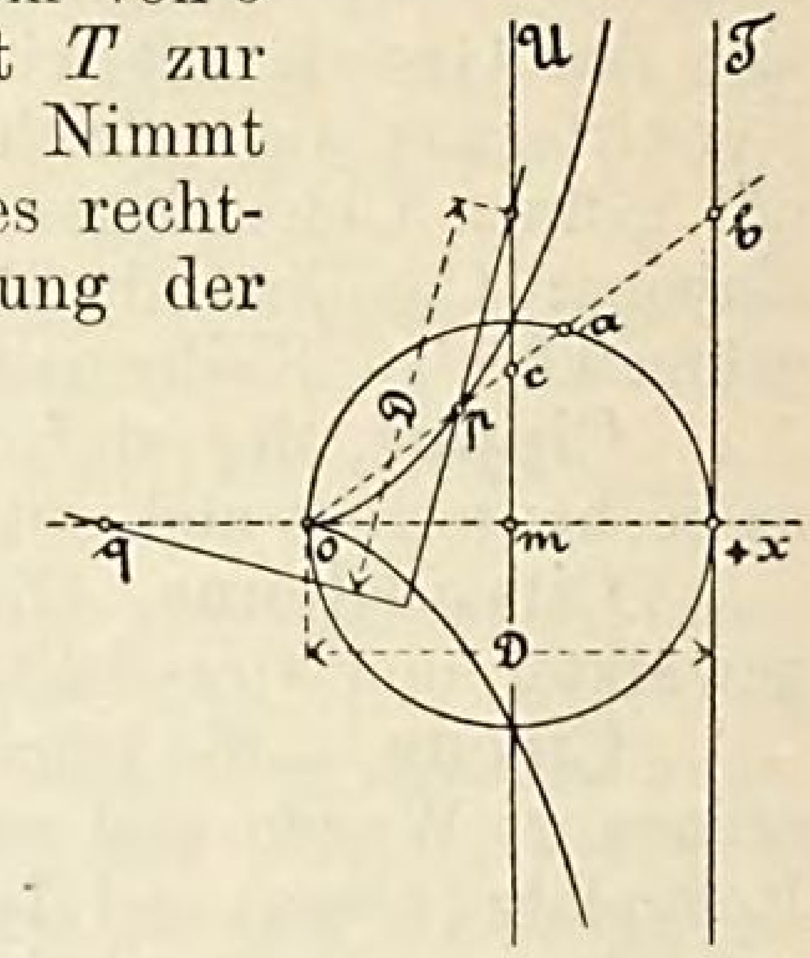
Cissoide. Durch einen beliebigen Punkt o eines Kreises ziehe man irgend einen Strahl, welcher den Kreis zum zweitenmal im Punkt a, diejenige Tangente des Kreises, deren Berührungspunkt o gegenüber liegt, im Punkt b schneiden möge. Trägt man in dem Strahl das Stück $op = ab$ ab, so ist p ein Punkt der durch den gegebenen Kreis (und den Punkt o auf ihm) bestimmten Cissoide. Man kann auch, wenn jener Strahl die durch den Kreismittelpunkt m zur Tangente T gezogene Parallele U in c schneidet, $cp = ac$ machen. Mechanische

Erzeugung (nach Newton): Sei *mo* um sich selbst verlängert bis *q*. Man lasse einen Schenkel eines rechten Winkels um *o* sich drehen und zugleich denjenigen Punkt des andern Schenkels, welcher vom Scheitel um ein Stück gleich dem Durchmesser *D* des Kreises absteht, auf der Geraden *U* gleiten, dann wird der Mittelpunkt zwischen dem Scheitel des rechten Winkels und dem fraglichen Punkt des zweiten Schenkels die Cissoide beschreiben. Die Cissoide ist eine rationale Kurve dritter Ordnung und Klasse, welche durch die unendlich fernen imaginären Kreispunkte geht; sie ist symmetrisch zu dem von *o* ausgehenden Durchmesser des gegebenen Kreises, hat *T* zur Asymptote und in *o* einen Rückkehrpunkt erster Art. Nimmt man *o* zum Ursprung, die Symmetrieaxe zur x-Axe eines rechtwinkeligen Koordinatensystems, so wird die Gleichung der Cissoide

$$x(x^2 + y^2) - D y^2 = 0,$$

oder in Polarkoordinaten r, φ

$$r = D \cdot \sin\varphi \operatorname{tg}\varphi.$$



Darstellung in Parameterform:

$$x = D \sin^2\varphi, \qquad y = D \sin^2\varphi \operatorname{tg}\varphi,$$

oder für $\frac{x}{y} = \operatorname{ctg}\varphi = t$:

$$x = \frac{D}{1 + t^2}, \qquad y = \frac{D}{t(1 + t^2)}.$$

Litteratur: Angaben über Tangente, Normale, Krümmung, Bogenlänge, Inhalt u. s. w. findet man in L. A. Sohncke, Sammlung von Aufgaben aus der Differential- und Integralrechnung, 4. Aufl., Halle a. S. 1875/77, 1. Teil, S. 177, 2. Teil, S. 109. — O. Schlömilch, Uebungsbuch zum Studium der höheren Analysis, 4. Aufl., Leipzig 1887 (an versch. Stellen zerstreut). — W. Láska, Sammlung von Formeln der reinen und angewandten Mathematik, Braunschweig 1889, S. 520 (woselbst weitere Litteraturangaben). *Mehmke.*

Cisterzienserklöster waren namentlich in der frühgotischen Periode von hervorragender Bedeutung; die Cisterzienser errichteten nicht nur in Deutschland, Frankreich und England, sondern auch in Italien und Spanien hochbedeutende Klosteranlagen. Charakteristisch für die Anlage der Klosterkirche ist die rechtwinkelige Bildung des Chores, sowie der sich an den Chor anschliessenden Kapellen. In Deutschland ist weitaus der bedeutendste Bau das Kloster zu Maulbronn in Württemberg [1]. Weitere Anlagen finden sich zu Heisterbach, Altenberg, Sedlitz, Doberan, Dargun, Riddagshausen, Loccum, Fontenay, Rom (S. Vincenzo et Anastasia) Clairvaux etc. [2].

Litteratur: [1] Die Cisterzienser-Abtei Maulbronn von Dr. E. Paulus, Württembergischer Altertumsverein Stuttgart 1879; H. Klunzinger, Artistische Beschreibung der Cisterz. Abtei Maulbronn, Stuttgart 1849. — [2] Die Kirchen des Cisterzienserordens in Deutschland von R. Dohme, Leipzig 1869. *von Schubert-Soldern.*

Citadelle, s. Festungsbau.

Citra, spanisches Hohlmass = $^1/_{32}$ Barrilon = 0,942 l.

Citrin, s. Quarz.

Cl, chemisches Zeichen für Chlor.

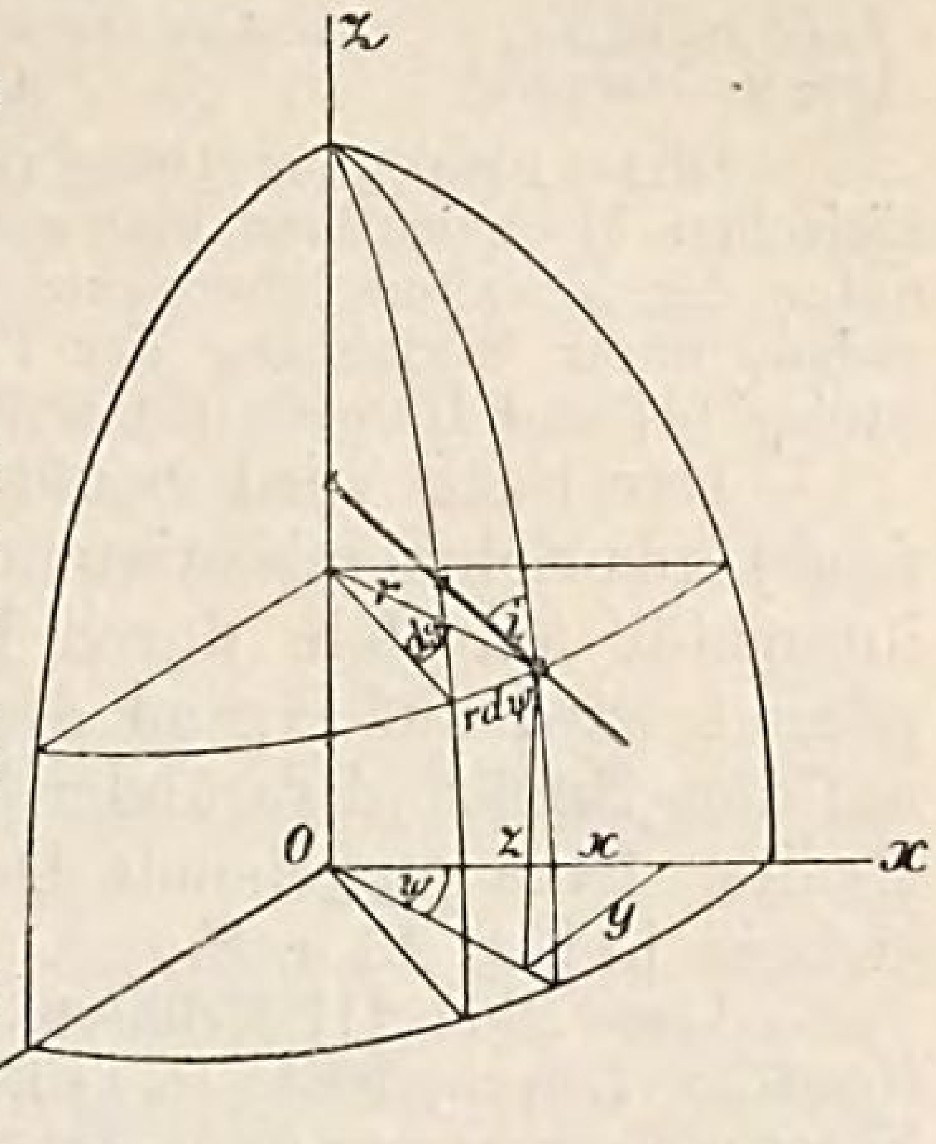
Clairauts Form, s. Differentialgleichungen.

Clairauts Satz über die geodätischen (kürzesten) Linien auf Rotationsflächen. Die charakteristische Eigenschaft der geodätischen Linien auf krummen Flächen ist die, dass ihre Hauptnormale und mit ihr der Krümmungshalbmesser in die Flächennormale fällt und mithin die Schmiegungsebene durch die Flächennormale hindurchgeht. Für die Rotationsflächen, deren Normale in die Ebene des Meridians fällt, ergibt sich hieraus der folgende von Clairaut in den Mémoires de l'Académie des sciences 1733 zuerst publizirte Satz zwischen dem Radius r des Parallelkreises eines Punktes einer kürzesten Linie einer solchen Fläche und dem Azimut i (Winkel der Tangente der geodätischen Linie mit der Tangente des Meridians):

Für jede geodätische Linie einer Rotationsfläche ist das Produkt aus dem Radius r des Parallelkreises und dem Sinus des Azimutes i eine Konstante α, d. h. $r \sin i = \alpha$ (s. Fig.). Denn für irgend einen Punkt O der Rotationsaxe der Fläche als Ursprung, zwei zu einander senkrechte Radien eines Parallelkreises als Axen der x, y und die Rotationsaxe

als Axe der z eines Koordinatensystems hat man für die Richtungscosinusse der Tangente des Parallelkreises im Punkt $M(x, y, z)$ der geodätischen Linie:

$$\frac{\cos\alpha}{-y} = \frac{\cos\beta}{x} = \frac{\cos\gamma}{o} = \frac{1}{r}$$



und für die Richtungscosinusse der Hauptnormale einer Kurve ist allgemein:

$$\frac{\cos\lambda}{\frac{d^2x}{ds^2}} = \frac{\cos\mu}{\frac{d^2y}{ds^2}} = \frac{\cos\nu}{\frac{d^2z}{ds^2}} = \frac{1}{\left[\left(\frac{d^2x}{ds^2}\right)^2 + \left(\frac{d^2y}{ds^2}\right)^2 + \left(\frac{d^2z}{ds^2}\right)^2\right]^{\frac{1}{2}}}$$

Da dieselbe hier mit der Normalen der Fläche zusammenfällt, liegt sie im Meridian und ist senkrecht zur Tangente des Parallelkreises. Die Bedingung der Rechtwinkeligkeit beider Richtungen, $\cos\alpha\cos\lambda + \cos\beta\cos\mu + \cos\gamma\cos\nu = o$, gibt daher

$$\frac{x}{r}\frac{d^2y}{ds^2} - \frac{y}{r}\frac{d^2x}{ds^2} = o.$$

Durch Multiplikation mit r und Integration folgt hieraus:

$$x\frac{dy}{ds} - y\frac{dx}{ds} = a,$$

wenn a die Integrationskonstante bedeutet oder $x\,dy - y\,dx = a\,ds$. Nun sind aber in M die Richtungscosinusse der Tangente: $\frac{dx}{ds}, \frac{dy}{ds}, \frac{dz}{ds}$ und die der Tangente des Parallelkreises, wie oben $-\frac{y}{r}, \frac{x}{r}, \frac{o}{r}$; daher ist der Cosinus des Winkels zwischen den Tangenten der geodätischen Linie und des Parallelkreises, d. h. des Sinus des Azimuts i:

$$\frac{x}{r}\frac{dy}{ds} - \frac{y}{r}\frac{dx}{ds} = \sin i, \text{ d. h. } r\sin i = a.$$

Der Satz ist von Bedeutung für die Geodäsie. Er gestattet aber auch eine mechanische Interpretation. Ein Punkt, welcher sich bloss infolge eines tangentiellen Stosses auf einer Fläche bewegt, hat keine Tangentialkomponente der Beschleunigung; vielmehr reduzirt sich seine ganze Beschleunigung auf deren Zentripetalkomponente, welche die Richtung des Krümmungshalbmessers hat und, da keine weitere Beschleunigung vorhanden ist, die Beschleunigung des Normalwiderstandes der Fläche ist. Daher beschreibt der Punkt auf der Fläche eine Kurve, deren Krümmungshalbmesser in die Flächennormale fällt, d. h. eine kürzeste Linie. Für die Bewegung des Punktes auf einer Rotationsfläche fällt daher die Beschleunigung in die Ebene des Meridians und geht mithin ihre Projektion auf eine Ebene senkrecht zur Rotationsaxe (z-Axe) durch einen festen Punkt, nämlich der Koordinaten-Ursprung O. Daher gilt für die Projektion der Bewegung des Punktes auf die xy-Ebene das Prinzip der Flächen, nämlich

$$x\frac{dy}{dt} - y\frac{dx}{dt} = \text{const.}$$

Da aber der Punkt sich mit konstanter Geschwindigkeit bewegt (seine Tangentialbeschleunigung ist Null), so ist $\frac{ds}{dt}$ eine Konstante μ oder $dt = \frac{ds}{\mu}$ und wird $x\,dy - y\,dx = \text{const.}\,dt = a\,ds$, wie oben. Es ist daher die linke Seite dieser Gleichung der doppelte Inhalt des Infinitesimaldreiecks, welches in der Projektion der Bewegung auf die xy-Ebene die Radiusvektoren nach den Endpunkten des Bogenelements mit dieser bilden. Daher ist also die Projektion des Infinitesimaldreiecks, gebildet aus dem Bogenelemente der geodätischen Linie und der vom Ursprung der Koordinaten nach seinen Endpunkten gezogenen Radienvektoren, auf eine zur Rotationsaxe senkrechte Ebene dem Bogenelemente proportional. Nun ist aber, wenn r, φ die Polarkoordinaten in der Ebene des Parallelkreises sind, die Projektion des doppelten Infinitesimaldreiecks $r^2 d\varphi = r \cdot r\,d\varphi$ und daher $r \cdot r d\varphi = a\,ds$ oder da $\frac{r d\varphi}{ds} = \sin i$ ist wie oben $r \sin i = a$. Für weiteres Detail sei verwiesen auf Schell, Theorie der Bewegung und der Kräfte, Bd. 1, S. 415, 437, sowie auch auf B. 2, S. 92 (indem die geodätische Linie auch die Gleichgewichtsfigur eines über eine Fläche hin gespannten Fadens ist). *Schell.*

Clairauts Theorem drückt die Beziehung aus, welche besteht zwischen der Veränderlichkeit der Schwereintensität längs der Erdoberfläche und der Gestalt der Erde (Abplattung). Der Satz lautet:

$$\left(\begin{array}{c}\text{Die Abplattung}\\ \text{der Meeresfläche}\end{array}\right)+\frac{\text{Zunahme der Schwerkraft vom Aequator bis zum Pol}}{\text{Schwerkraft am Aequator}}=\frac{5}{2}\,\frac{\text{Zentrifugalkraft am Aequator}}{\text{Schwerkraft am Aequator}}.$$

Dieser nicht ganz streng richtige Satz (korrektere Ausdrücke s. [1]), wurde von dem französischen Mathematiker Clairaut [2] 1743 auf Grund der Newton'schen Gravitationstheorie unter der Annahme homogener Schichtung und geringer Abplattung des Erdkörpers aufgestellt, sodann unter Einführung der Potentialfunktion von Laplace [3], und später besonders von Stokes [4] und Helmert [1] weiter untersucht und entwickelt.

Der Satz wird benützt zur Bestimmung der Abplattung der Erde (Erdfigur) aus Schwerebestimmungen, wobei die nicht unmittelbar messbare Schwereintensität am Pole durch Rechnung aus Beobachtungen an anderen Orten bestimmt wird auf Grund des theoretischen Gesetzes, dass die normale Schwere auf dem Sphäroid veränderlich ist mit dem Quadrate des Sinus der geographischen Breite. Eine eingehende Darstellung des Theorems und seiner Geschichte findet sich in [1], § 23 u. ff.

Litteratur: [1] Helmert, Die mathematischen und physikalischen Theorien der höheren Geodäsie, Leipzig 1884; II. Teil, Die physikalischen Theorien, 2. Kap., § 11 u. ff. — [2] Clairaut, Théorie de la Figure de la Terre, Paris 1743. — [3] Laplace, Mécanique céleste, l. III, vol. 2, 1799, l. XI, vol. 5, 1825. — [4] Stokes, On the variation of gravity at the surface of the earth; Transact. of the Cambridge Phil. Soc., vol. VIII, Cambridge 1849.

Reinhertz.

Clapeyron'sche Formel, in der Ingenieurmechanik. Wenn ein horizontaler Balken (s. d.) auf zwei Stützen ruht, dann lassen sich die Reaktionen dieser Stützen und damit die Schnittkräfte und Angriffsmomente (s. d.) in allen

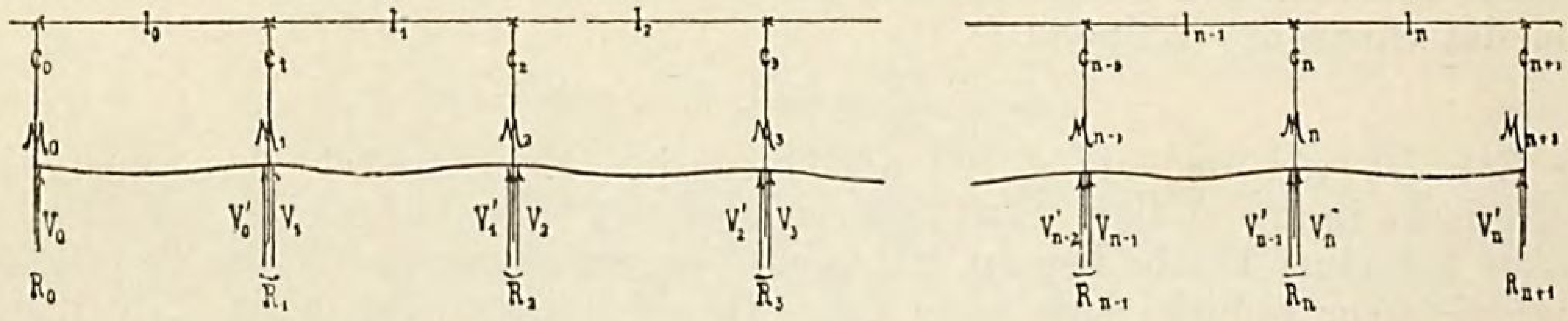


Fig. 1.

Querschnitten aus rein statischen Beziehungen zwischen den äusseren Kräften (s. d.) bestimmen. Ruht er jedoch auf drei oder mehr Stützen, oder sind die Enden festgespannt, dann genügen jene Beziehungen nicht mehr; man muss auf die inneren Kräfte Rücksicht nehmen, also von der diese behandelnden Elastizitätslehre Gebrauch machen. Dies hat für einige einfachste Fälle schon Navier gethan ([1], S. 192, 195, 198); aber er wählte die Stützenreaktionen selbst als Unbekannte und kam zu keiner allgemeinen Lösung. Molinos und Pronier gaben eine solche, wählten jedoch dieselben Unbekannten und erhielten sehr unbequeme Gleichungen. 1857 stellte Clapeyron für horizontale Balken mit beliebig vielen Stützen eine Beziehung zwischen den Angriffsmomenten über drei auf einander folgenden Stützen auf [2], welche häufig die Clapeyron'sche Formel genannt wird. Für den von ihm allein behandelten Fall, dass jede der Oeffnungen $l_0, l_1, l_2, .. l_n$ (Fig. 1) eines Balkens von konstantem Querschnitte mit gleich hohen Stützpunkten durch eine gleichmässig verteilte Last von u_0, u_1, u_2, u_n per Längeneinheit ergriffen wird, lautet die Gleichung für die Stützen $r-1$, r, $r+1$ (Fig. 2):

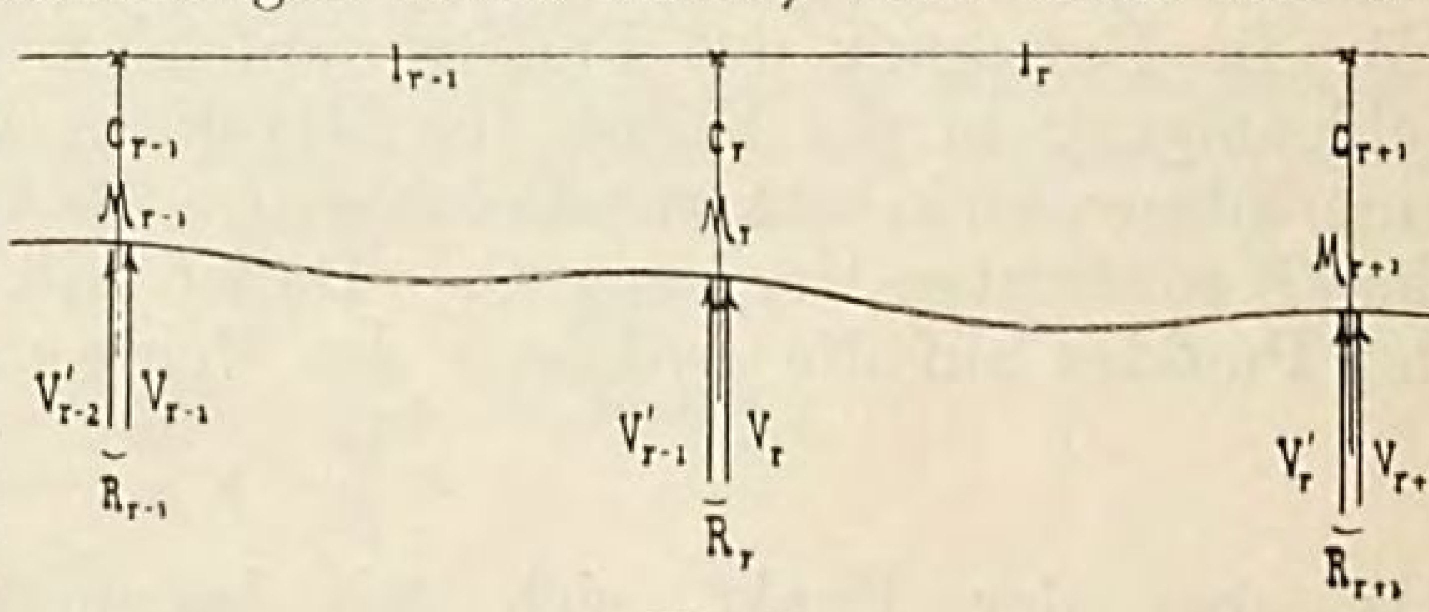


Fig. 2.

$$M_{r-1}\,l_{r-1}+2\,M_r\,(l_{r-1}+l_r)+M_{r+1}\,l_r=-\frac{1}{4}\left(u_{r-1}\,l_{r-1}^3+u_r\,l_r^3\right). \qquad 1.$$

Für beliebige Lasten $P_1, P_2, \ldots$, welche in den einzelnen Oeffnungen um $a_1, a_2, \ldots$ von den nächsten Stützpunkten links entfernt angreifen, tritt an Stelle von 1. ([3], S. 8):

$$M_{r-1}\,l_{r-1}+2\,M_r\,(l_{r-1}+l_r)+M_{r+1}\,l_r=$$
$$-\frac{1}{l_{r-1}}\sum_{r-1}Pa\,(l-a)\,(l+a)-\frac{1}{l_r}\sum_{r}Pa\,(l-a)\,(2\,l-a), \qquad 2.$$

worin sich die Summe $\sum_r$ auf alle Lasten in der Oeffnung l_r bezieht. Diese Beziehungen beruhen auf der Navier'schen Biegungsformel (s. Biegung I). Berücksichtigung eingespannter Enden und ungleicher Höhenlage der Stützpunkte s. Bd. 1, S. 761 (wo jedoch Gleichung 20. mit $2\,M_0 + M_1$ zu beginnen hat), Berücksichtigung von Temperatureinflüssen Bd. 1, S. 782, entsprechende Formeln für Balken veränderlichen Querschnitts ([3], S. 22, 129, u. [4], S. 189). Sobald die Stützenmomente nach dem Clapeyron'schen „Théorème des trois moments" bestimmt sind, finden sich nach den unter „Balken" gegebenen Gleichungen 1., 2., 22., 23. (über Spezialisirungen derselben s. Belastung und Bd. 1, S. 777) auch die Stützenreaktionen. Das von Clapeyron gewählte Vorgehen kann sich auch in anderen Fällen als zweckmässig erweisen [5].

Litteratur: [1] Navier, Resumé des leçons sur l'application de la mécanique etc., Paris 1826. — [2] Clapeyron, Calcul d'une poutre élastique reposant librement sur des appuis inégalement espacé, Comptes rendus 1857, XL, p. 1076. — [3] Weyrauch, Allgemeine Theorie und Berechnung der kontinuirlichen und einfachen Träger, Leipzig 1873. — [4] Levy, La statique graphique, IV, Paris 1888. — [5] Müller-Breslau, Ueber einige Aufgaben der Statik, welche auf Gleichungen der Clapeyron'schen Art führen, Zeitschrift f. Bauwesen 1891, S. 103. *Weyrauch.*

Clapeyron'sche Gleichung nennt man in der Wärmetheorie die zwischen der Verdampfungswärme r (s. Dampf, gesättigter), der spezifischen Volumendifferenz $u = s - \sigma$ von Dampf und Flüssigkeit, und der absoluten Temperatur $T = a + t$ eines Dampfes vom Drucke p bestehender Beziehung

$$\frac{r}{u} = AT\frac{dp}{dt}, \qquad 1.$$

welche die wichtigste Grundlage der Lehre von den gesättigten Dämpfen bildet. Clapeyron hat diese Gleichung 1834 in der Form

$$\frac{r}{u} = C\frac{dp}{dt}$$

abgeleitet ([1], S. 568), worin C eine von der Körperart unabhängige Funktion, die sogen. Carnot'sche Funktion (s. d.), bedeutet, deren Wert Clapeyron für einige Temperaturen berechnete ([1], S. 576). 1847 erkannte Helmholtz, dass die Carnot'sche Funktion den Wert AT habe ([2], S. 36), unter $1 : A = 424$ das mechanische Wärmeäquivalent verstanden, was Clausius 1850, systematisch vorgehend, mit spezieller Rücksicht auf 1. bestätigte [3]. Seitdem dient die Clapeyron'sche Gleichung insbesondere zur Bestimmung der Differenz u, des spezifischen Dampfvolumens $s = u + \sigma$ und des spezifischen Gewichts $1/s$, sowie in der Form

$$\frac{r}{Apu} = T\frac{dp}{p\,dt} \qquad 2.$$

zur Ermittelung des Verhältnisses der äusseren Verdampfungswärme Apu und inneren Verdampfungswärme $\varrho = r - Apu$ zur ganzen Verdampfungswärme r. S. z. B. [4], S. 29 u. f. Zahlenwerte von 1. und der sonst erwähnten Grössen für eine Reihe von Dämpfen enthalten die Tabellen am Schlusse von [4].

Litteratur: [1] Clapeyron, Ueber die bewegende Kraft der Wärme, Annalen der Physik und Chemie 1843, IL, S. 446, 566 (nach Journal de l'école polytechnique 1834, XIV, S. 170). — [2] Helmholtz, Die Erhaltung der Kraft, Berlin 1847. — [3] Clausius, Ueber die bewegende Kraft der Wärme, Annalen der Physik und Chemie 1850, LXXIX, S. 505, 508. — [4] Zeuner, Technische Thermodynamik II, Leipzig 1890. *Weyrauch.*

Clapeyrons Theorem, der Elastizitätslehre angehörend, lässt sich wie folgt aussprechen: Finden bei einem isotropen festen Körper von konstanter Temperatur unter Einwirkung beliebiger äusserer Kräfte (s. d.) irgend welche elastische Verschiebungen vom spannungslosen Zustande aus statt, dann ist die Arbeit $\mathfrak{A}$ der mit ihren Endwerten konstant gedachten äusseren Kräfte gleich dem Doppelten der Verschiebungsarbeit D.

$$\mathfrak{A} = 2D. \qquad 1.$$

Vorausgesetzt ist dabei, wie gewöhnlich in der Elastizitätslehre, dass keine durch örtliche Unstetigkeiten der Verrückungen bedingte Arbeiten auftreten, wie wir sie z. B. an reibenden Gelenken und Gleitungen hätten. In diesem Falle würde zwar 1. auch gelten, aber $\mathfrak{A} = \mathfrak{S} + \mathfrak{M} + \mathfrak{R}$ anstatt $\mathfrak{A} = \mathfrak{S} + \mathfrak{M}$ anzunehmen sein, unter $\mathfrak{S}$, $\mathfrak{M}$, $\mathfrak{R}$ die Arbeiten der mit ihren Endwerten konstant gedachten Oberflächenkräfte, Massenkräfte und Kräfte (Reibungen etc.) auf die Umhüllungsflächen sämtlicher Unstetigkeitsschnitte der Verrückungen verstanden.

Beweis s. [5], S. 166. Die Verschiebungsarbeit (auch Deformationsarbeit oder Formänderungsarbeit genannt) ist die Arbeit zur Ueberwindung der inneren Kräfte während der Verschiebungen, vergl. [1], S. 79, [5], S. 108, 185. — Das obige Gesetz wurde zuerst von Clapeyron festgestellt und von ihm auf die Berechnung von Federn angewendet, aber erst durch Lamé weiteren Kreisen bekannt, [1], S. 80. Für einen axial gezogenen oder gedrückten geraden Stab von der Länge l und konstantem Querschnitt F lässt sich die Beziehung 1. schreiben, wenn S die Stabkraft, λ die Längenänderung und E den Elastizitätsmodul bedeuten, das Eigengewicht aber vernachlässigt wird:

$$S\lambda = \frac{l S^2}{EF}, \text{ woraus } \lambda = \frac{l S}{EF}.$$

Näheres [5], § 81. Für ein System aus beliebig vielen solchen Stäben, welche durch reibungslose Gelenke mit einander verbunden sind (Fachwerke) hat man:

$$\mathfrak{A} = \Sigma \frac{l S^2}{EF}, \qquad 2.$$

worin sich die Summe auf alle Stäbe bezieht, [5], § 85. Ausdrücke von $2D = \mathfrak{D}$ für beliebige isotrope Körper s. [5], §§ 41, 65—67 und [6], S. 202 (worin obigem zufolge $\tau = 0$). Auf das Clapeyron'sche Theorem hat in neuerer Zeit Castigliano das zuerst durch Menabrea [2] erkannte Prinzip der kleinsten Verschiebungsarbeit begründet [4], durch dessen Anwendung und Weiterbildung in Verbindung mit den von Mohr direkt aus dem Prinzip der virtuellen Verrückungen hergeleiteten Methoden [3], [5], §§ 80, 83, 84, [6], S. 260, eine auf dem Gebiete der statisch unbestimmten Fachwerke und sonstigen Träger sehr fruchtbare Entwicklung der Festigkeitslehre eingetreten ist. Vergl. z. B. die Litteratur unten, s. auch Verschiebungsarbeit, Biegungsarbeit, Fachwerke, statisch unbestimmte.

Litteratur: [1] Lamé, Leçons sur la théorie mathématique de l'élasticité des corps solides, Paris 1866, S. 79. — [2] Menabrea, Nouveau principe sur la distribution des tensions dans les systèmes élastiques, Comptes rendus etc., 1858, XLVI, S. 1056 (s. auch Comptes rendus 1884, XCVIII, S. 714). — [3] Mohr, Beitrag zur Theorie des Fachwerks, Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Vereins zu Hannover 1874, S. 509, und 1875, S. 17 (s. auch 1881, S. 243). — [4] Castigliano, Théorie de l'équilibre des systèmes élastiques, Turin 1880 (deutsch von Hauff, Wien 1886). — [5] Weyrauch, Theorie elastischer Körper, Leipzig 1884. — [6] Derselbe, Aufgaben zur Theorie elastischer Körper, Leipzig 1885. — [7] Engesser, Die Zusatzkräfte und Nebenspannungen eiserner Fachwerkbrücken, Berlin 1892. — [8] Müller-Breslau, Die neueren Methoden der Festigkeitslehre, Leipzig 1893.

Weyrauch.

Clapot, s. Strangwaschmaschinen.

Clasens Methode, s. Gleichungen.

Clausius'scher Grundsatz. Von Clausius neben der Aequivalenz von Wärme und Arbeit (s. Energie, mechanisches Wärmeäquivalent) als Grundlage der mechanischen Wärmetheorie (s. d.) angenommen, [1] bis [3], und wie folgt ausgesprochen: „Die Wärme kann nicht von selbst aus einem kälteren in einen wärmeren Körper übergehen," oder auch: „Ein Wärmeübergang aus einem kälteren in einen wärmeren Körper kann nicht ohne Kompensation stattfinden." Die Worte „von selbst" und „ohne Kompensation" sind der Kürze halber gewählt und deuten an, dass ein Wärmeübergang vom kälteren zum wärmeren Körper nicht allein, sondern nur in Verbindung mit gewissen anderen Vorgängen, z. B. unter Verwandlung von Arbeit in Wärme, möglich ist. Näheres s. insbesondere [3]. Die wichtigste technische Konsequenz des Satzes besteht in der von Carnot [4], S. 9, 12, 16 schon zuvor erlangten Erkenntnis, dass Nutzarbeit thermodynamischer Maschinen nur beim Uebergange der Wärme von wärmeren zu kälteren Körpern (z. B. vom Heizraum zum Kondensator einer Dampfmaschine) geleistet werden kann. — Aus dem Clausius'schen Grundsatze lässt sich zur Entwicklung der wärmetheoretischen Beziehungen zunächst das folgende Carnot-Clausius'sche Theorem ableiten: Machen irgend welche Körper Carnot'sche Kreisprozesse beliebiger adiabatischer Uebergänge, aber gleicher isothermischer Uebergänge t_1, t_2 durch (s. Kreisprozess), wobei auf letzteren die absoluten Wärmemengen Q_1, Q_2 zugeführt bezw. abgeführt werden, dann hat das Verhältnis $Q_1 : Q_2$ für alle jene Körper den gleichen Wert; es ist unabhängig von der Körperart und den gewählten adiabatischen Uebergängen.

$$\frac{Q_1}{Q_2} = F(t_1, t_2). \qquad 1.$$

Damit wird auch das Verhältnis der äusseren Arbeit, welche proportional $Q_1 - Q_2$ ist, zu Q_1 und zu Q_2 nur von den Temperaturen t_1, t_2 abhängig. — Insoweit dies Theorem die Unabhängigkeit des Verhältnisses der äusseren Arbeit zu Q_1, Q_2 von der Körperart und die alleinige Abhängigkeit desselben von den Temperaturen t_1, t_2 festsetzt, rührt es von Sadi Carnot her [4], S. 28, 38, der sich dabei auf die Unmöglichkeit eines perpetuum mobile stützte. Indem sich jedoch Carnot von den Anschauungen seiner Zeit nicht vollständig frei machen konnte, behandelte er die Wärme wie einen von höherer zu niederer Temperatur herabsinkenden (quantitativ unveränderlichen) Stoff und nahm $Q_1 = Q_2$ an [4], S. 10, 37, was eine Erzeugung der geleisteten äusseren Arbeit aus nichts bedeuten würde. Clausius hat dem Satze den obigen Inhalt gegeben und ihn so mit dem Prinzip von der Erhaltung der Energie in Einklang gebracht. Das Carnot-Clausius'sche Theorem führt nun weiter dazu, dass wenn bei einer Wärmezufuhr dQ

$$dS = \frac{dQ}{T} \qquad 2.$$

ein vollständiges Differential also $1:T$ einen integrirenden Faktor darstellen soll, für die umkehrbaren Zustandsänderungen der Wärmetheorie T die absolute Temperatur ist und für jeden umkehrbaren Kreisprozess:

$$\int \frac{dQ}{T} = 0, \qquad 3.$$

das heisst (vergl. [3], S. 93): wenn bei einem umkehrbaren Kreisprozesse jedes von dem veränderlichen Körper aufgenommene (positive oder negative) Wärmeelement durch die absolute Aufnahmetemperatur dividirt und der so entstandene Differentialausdruck für den ganzen Verlauf des Kreisprozesses integrirt wird, so hat das Integral den Wert Null. Dieser Satz oder dessen Ausdruck 3. oder auch der Satz, dass die absolute Temperatur den integrirenden Divisor der Gleichung für dQ darstelle, wird als „zweiter Hauptsatz" der mechanischen Wärmetheorie für umkehrbare Zustandsänderungen bezeichnet. Erweiterung für nicht umkehrbare Zustandsänderungen s. z. B. [3], S. 220 und [5], S. 416. Mitunter hat man schon dem Clausius'schen Grundsatze oder dem Carnot-Clausius'schen Theorem jenen Namen gegeben. Die Grösse S, deren vollständiges Differential 2. ausdrückt, heisst nach Clausius die Entropie (s. Aequivalenz der Verwandlungen). — Gegen den Clausius'schen Grundsatz, welcher nach vorstehendem eine der wichtigsten Grundlagen der Thermodynamik und damit der neueren Physik bildet, sind von Anfang an mancherlei Einwände erhoben worden (s. z. B. [3], S. 314, 367, 371, 377, 379, 383, und [5], S. 371, 374, 379, 389), welche durch seine unbestimmte Fassung erleichtert wurden und sich bis in die neueste Zeit fortgesetzt haben. So hat Eddy wieder, wie früher Rankine, die strahlende Wärme gegen eine ausnahmslose Giltigkeit ins Treffen geführt (Scientific Proceedings of the Ohio Mechanics Institute for July 1882, S. 105), A. Schmidt die den Anschauungen der kinetischen Gastheorie entsprechende Selbstmischung der atmosphärischen Luft (Jahreshefte des Vereins für vaterländische Naturkunde in Württemberg 1894, S. CIV), Th. Gross greift die Clausius'sche Erweiterung des zweiten Hauptsatzes für nicht umkehrbare Zustandsänderungen an (Annalen der Physik und Chemie 1892, Bd. 46, S. 339, 517; vergl. auch Mayer, Mechanik der Wärme, Stuttgart 1893, S. 285). Jedenfalls umfasst die betreffende Beweisführung nicht alle Fälle. Die Hauptschwierigkeit liegt in unserer ungenügenden Kenntnis vom Wesen der Wärme. Wenn also die Diskussion über den Clausius'schen Grundsatz und den zweiten Hauptsatz noch keineswegs abgeschlossen ist, so kann doch unbestritten für alle thermodynamischen Probleme der Technik der Clausius'sche Grundsatz und für die umkehrbaren Zustandsänderungen der Wärmetheorie der zweite Hauptsatz ohne weiteres als giltig angenommen werden.

Litteratur: [1] Annalen der Physik und Chemie 1850, Bd. 79, S. 503; 1854, Bd. 93, S. 488; 1863, Bd. 120, S. 426. — [2] Clausius, Abhandlungen über die mechanische Wärmetheorie, Bd. 1, Braunschweig 1864, S. 50, 134, 297 (Ueber einen Grundsatz der mechanischen Wärmetheorie). — [3] Clausius, Die mechanische Wärmetheorie, Bd. 1, Braunschweig 1887, S. 81 (Ein neuer Grundsatz in Bezug auf die Wärme). — [4] Carnot, Reflexions sur le puissance motrice du feu,

Paris 1824. — [5] Rühlmann, Handbuch der mechanischen Wärmetheorie, Bd. 1, Braunschweig 1876, S. 358 (der zweite Hauptsatz). — [6] Poincaré, Thermodynamik, Berlin 1893, S. 79 (Das Prinzip von Carnot-Clausius). — Irgendwelche Darstellung des zweiten Hauptsatzes geben alle Lehrbücher der mechanischen Wärmetheorie oder Thermodynamik. *Weyrauch.*

Clausius'sche Temperaturfunktion wird in der Wärmetheorie mitunter der Ausdruck

$$h = \frac{d\lambda}{dt} - \frac{r}{T} = c + \frac{dr}{dt} - \frac{r}{T} \qquad 1.$$

genannt, welcher die spezifische Wärme (s. d.) reinen, gesättigten Dampfes für den Fall darstellt, dass derselbe bei seiner Zustandsänderung in reinem, gesättigtem Zustande bleiben soll, das heisst auch die spezifische Wärme für Zustandsänderungen nach der Grenzkurve (s. d.). In obiger Gleichung bezeichnen $T = a + t$ die absolute Temperatur, c die spezifische Wärme der Flüssigkeit, r die Verdampfungswärme, λ die Gesamtwärme (s. Dampf, gesättigter). Da die spezifische Wärme allgemein das Verhältnis der positiven oder negativen Wärmezufuhr dQ per Gewichtseinheit zur Temperaturänderung dt bedeutet, so folgt für jene Zustandsänderungen die Wärmezufuhr von t_1 bis t

$$Q = \int_{t_1}^{t} h dt = \int_0^t h dt - \int_0^{t_1} h dt \qquad 2.$$

Bei der Expansion nach der Grenzkurve im Bereiche der technisch interessirenden Drücke nehmen diese und damit auch t ab, es ist dt negativ. Nach 2. entscheidet nun das Vorzeichen von h darüber, ob dem Dampfe bei dieser Expansion Wärme zuzuführen oder zu entziehen ist. Für Wasserdampf ist

$$h = 0{,}305 - \frac{r}{T}$$

$$\text{mit } r = 606{,}5 - 0{,}695\,t - 0{,}00002\,t^2 - 0{,}0000003\,t^3$$

negativ, und also Wärme zuzuführen, für Aetherdampf ist

$$h = 0{,}45 - 0{,}00111112\,t - \frac{r}{T}$$

$$\text{mit } r = 94{,}00 - 0{,}07901\,t - 0{,}0008514\,t^2$$

positiv, also Wärme zu entziehen. Würde man reinem, gesättigtem Dampfe bei der Expansion weder Wärme zuführen noch entziehen, so müsste sich Wasserdampf kondensiren, Aetherdampf überhitzen. Der Ausdruck und die Bedeutung der Funktion h wurde 1850 von Clausius festgestellt [1], [2], Werte derselben für verschiedene Dämpfe s. [3], S. 137, 139; [4], S. 61, Zahlenwerte der Integrale 2. für Wasserdampf [4], S. 57.

Litteratur: [1] Clausius, Ueber die bewegende Kraft der Wärme, Annalen der Physik und Chemie 1850, LXXIX, S. 388, 521; s. auch 1851, LXXXII, S. 265. — [2] Clausius, Abhandlungen über die mechanische Wärmetheorie I, Braunschweig 1864, S. 36, 73, 105. — [3] Clausius, Die mechanische Wärmetheorie I, Braunschweig 1887, S. 133. — [4] Zeuner, Technische Thermodynamik II, Leipzig 1890, S. 53, 60. *Weyrauch.*

Clausthalit, s. v. w. Selenblei.

Clayton-Bremse, ist eine selbstthätige Luftsaugebremse (s. d.), welche sich von anderen Anordnungen namentlich durch folgende Teile unterscheidet [1]: 1. Der kleine Ejektor ist in den grossen Ejektor gleichaxig eingebaut und beide sind in unmittelbare Verbindung mit dem Bremsventil gebracht, so dass ein Handhebel genügt, um den einen oder anderen Ejektor in Gang zu setzen oder auch die Luft in die Leitung zu lassen. — 2. Der Bremscylinder ist hier von dem Hilfsbehälter umschlossen. Beide sind mit einem gemeinsamen Kugelventile versehen, welches das gleichzeitige Aussaugen der Luft aus dem Raume unter dem Kolben und dem Hilfsreservoire gestatten, während beim Zulassen der Luft das Hilfsreservoir durch die Kugel abgeschlossen wird. Das Aussaugen des Hilfsbehälters erfolgt also hier, ohne die Kolbendichtung dazu in Anspruch zu nehmen. — 3. Ein besonders ausgebildetes Arbeitsventil, um bei langen Zügen die Bremswirkung zu beschleunigen. Bei starkem Luftzutritt in die Leitung sollen sich diese Ventile heben und der äusseren Luft den unmittelbaren Zutritt in die Luftleitung gestatten, während sie bei mässigem Luftzutritte geschlossen bleiben. Hierdurch soll der Uebelstand vermieden werden, dass bei langen Zügen die vorderen Wagen rascher gebremst werden als die hinteren Wagen und letztere deshalb auf die ersteren aufrennen.

Litteratur: [1] Glasers Annalen für Gewerbe und Bauwesen 1885, II, S. 194.

Clearing House (Railway Clearing House, Abrechnungsbureau) bezeichnet ein in London eingerichtetes Bureau, welches für fast sämtliche Bahnen Englands und Schottlands, sowie einiger Bahnen Irlands thätig ist und den Zweck hat, Erleichterungen beim durchgehenden Verkehr selbst und bei der gegenseitigen Abrechnung beim Personen- und Güterverkehr herbeizuführen. Diese Vereinigung besteht schon seit 1847 und sind diesem Bureau 1850 die Rechte einer Korporation beigelegt. Durch Konzentrirung aller hierher gehörigen Geschäfte, als: Abrechnung im Personen- und Güterverkehr, Entschädigung für Wagenmiete, sowie Ersatz für Beschädigungen an Wagen und Gütern u. s. w. werden dieselben in einheitlicher Weise und dabei in verhältnismässig kurzer Zeit erledigt. — Welchen Umfang diese Abrechnungsstelle nach und nach angenommen hat, geht wohl zur Genüge daraus hervor, dass in diesem Bureau jetzt etwa 2000 Personen beschäftigt werden.

Litteratur: Röll, Encyklop. des ges. Eisenbahnw., Bd. 2, S. 819, Wien 1890. *Georg Meyer.*

Clepscykel (auch Cleps, Celerimensura) nennt man nach Porro konstruirte Tachymeter-Instrumente, welche sich durch stark vergrössernde, annalatische Fernrohre und kleine, in einem viereckigen Kasten eingeschlossene (daher die Bezeichnung), mikroskopisch abzulesende Kreise auszeichnen. Die starke Vergrösserung und die zur Erhöhung der Genauigkeit angebrachten Distanzfadennetze (5 — 7 Fäden) machen eine besondere Okularanordnung erforderlich, s. Argusokular und Tachymeter (mit Litteraturangabe). *Reinhertz.*

Cliché, s. Klischee.

Cliquart, s. Grobkalk.

Clisimeter, s. Gefällsmesser.

Cloisonné-Email, s. v. w. Zellenemail, ein Email, bei welchem die einzelnen Farben durch aufgesetzte Metallstege getrennt erscheinen; vergl. Email.

Clove, Wollgewicht in England = 3,5 kg; in Essex Gewicht für Butter und Käse = 4 kg.

Clunch, Mineral, welches man in den Kohlen- und Eisengruben von Staffortshire findet und, aus Eisen, Thon, Kalk und Kieselerde bestehend, geglüht und gepulvert ähnlich dem Puzzolane einen trefflichen Mörtel gibt, ausserdem viel besser und schöner polirt als der gewöhnliche Tripel. *Andés.*

Clymenienschichten, Clymenienkalk, werden dem Ober-Devon angehörige, meist an Kalk reiche, rötliche oder graue Schieferthone oder Mergel genannt, welche durch Clymenia, eine vorweltliche Cephalopodengattung (Kopffüssler) ausgezeichnet sind. Die meist hellgrauen, hellroten oder rötlichgrauen, dichten, oft nieren- und knollenförmigen Kalke, Clymenienkalke, werden selten dickbankig und mächtig (nur in der Umgebung von Graz, wo sie als Dekorationsstein verwendet werden) und bleiben in ihrer Verwendung daher ziemlich untergeordnet; in Westfalen und am Harz werden sie gebrannt zu Bau- und Düngungszwecken.

C-Naphtha, s. Petroleum. *Leppla.*

Co, chemisches Zeichen für Kobalt.

Coating, s. Weberei und Tuchfabrikation.

Coblenzquarzit, ein dem Unter-Devon angehöriger, am rheinischen Schiefergebirg verbreiteter Quarzit, welcher meist dünnschichtig, weiss oder grau, seltener rötlich ist, viel Glimmer enthält und mit thonigen Quarziten und Sandsteinen wechsellagert. Der Quarzit wird zur Strassenbeschotterung viel verwendet (besonders bei Oberlahnstein) und in den Ardennen zu Pflastersteinen verarbeitet.

Cocoboloholz, s. Nutzhölzer. *Leppla.*

Codriret, s. Coerulignon.

Coelestin, ein Mineral, schwefelsaures Strontium = $SrSO_4$ (56,52 % SrO, 43,48 % SO_3) nebst Beimengungen von Calcium und Baryum. Kristallisirt rhombisch in Säulen, meist stängelig und drusig verbunden, faserig und nierenförmig, auch dicht; vollkommen spaltbar; durchscheinend, seltener durchsichtig, farblos, blau, seltener rot, glasglänzend. Härte 3—3,5; spez. Gew. 3,9 — 4,0. Zerknistert vor dem Lötrohr und schmilzt ziemlich leicht, indem er die Flamme karminrot färbt; wird von Säuren wenig angegriffen. Viel mit Schwefel vergesellschaftet (Sicilien) und in Kalkschichten vorkommend. Er dient zur Herstellung der

Strontianpräparate, vornehmlich zu Feuerwerkskörpern (Chlor-Strontium und salpetersaures Strontium) wegen der roten Farbe. *Leppla.*

Coerulein, s. Alizarinfarbstoffe u. Farbstoffe, künstliche organische.

Coeruleum, s. Kobaltblau.

Coerulignon, auch Codriret, dunkelblaues Pigment, welches sich beim Lösen von Eisen in Holzessig aus dem Dimethylpyrogallol des Buchenholzteeres oder des Hydrocoerulignon anderer Holzessige bildet; es ist Ursache, dass mit holzsaurem Eisen erzielte Blau- und Schwarzausfärbungen sich durch eine sonst schwer erreichbare Sattheit des Tones auszeichnen. *Andés.*

Cofunktionen eines Winkels heissen die Funktionen des Komplements dieses Winkels, z. B. $\cos \varphi = \sin (R - \varphi)$, wenn R den rechten Winkel bezeichnet (cosinus durch Zusammenziehung aus complementi sinus entstanden).

Coïr, s. Spinnfasern

Cokes Ventilator, s. Kapselgebläse.

Colcothar, s. Eisenrot.

Colladons Luftkompressor. Auf der Südseite des Gotthardtunnels fanden die von Professor Colladon in Genf konstruirten und von der Société genevoise de construction ausgeführten Luftkompressoren zum Betriebe der Gesteinsbohrmaschinen im Tunnel Anwendung. 1873 wurden zunächst 3 Gruppen von je 3 Colladon'schen Kompressoren und 2 Jahre später noch 2 gleiche Gruppen aufgestellt.

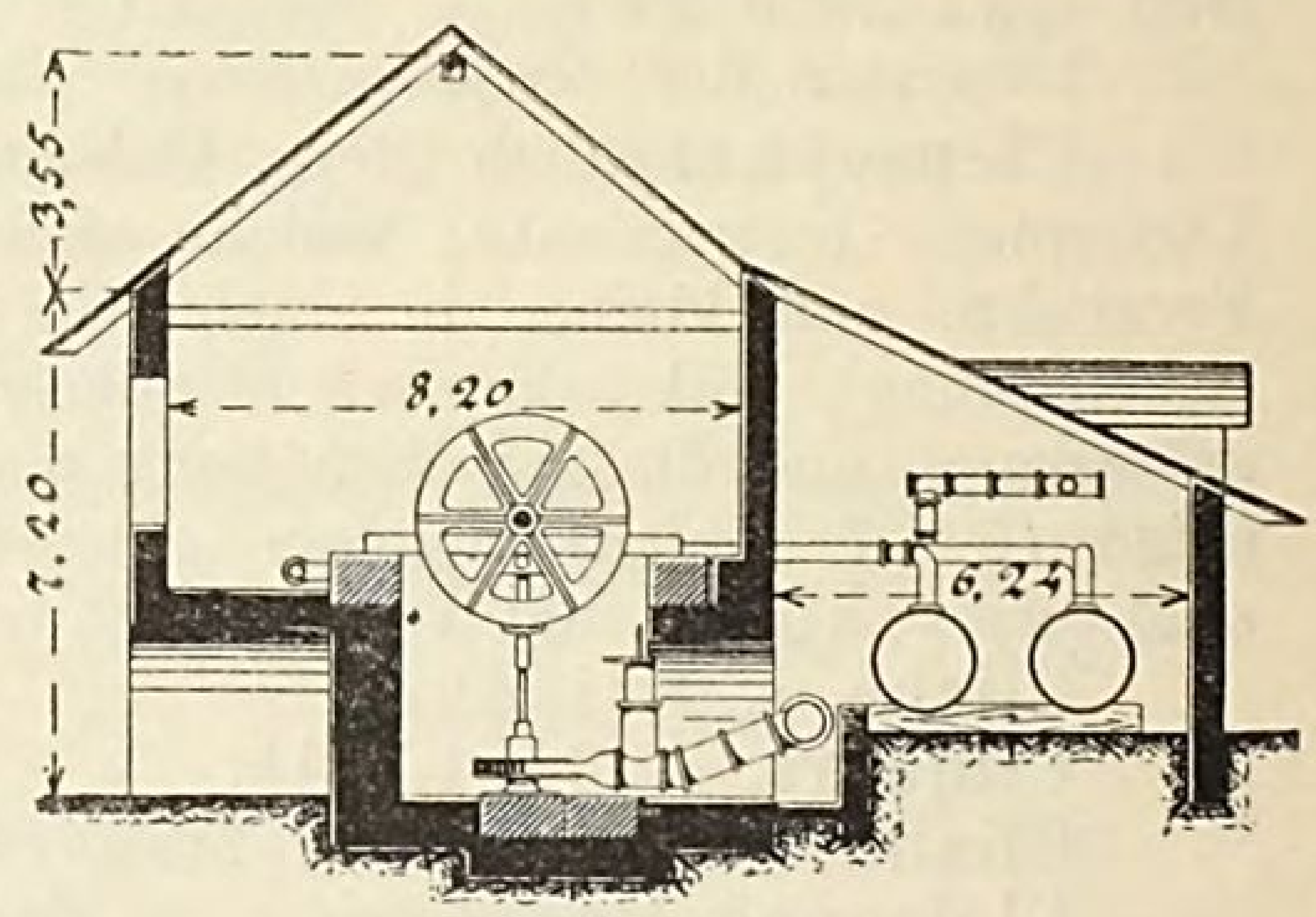


Fig. 1. Querschnitt: *abcd.*

Die allgemeine Anordnung der ersten Gruppe ist aus den Fig. 1—3 [1] zu ersehen, während die Fig. 4 u. 5 [2] den Kompressor im Längsschnitt und

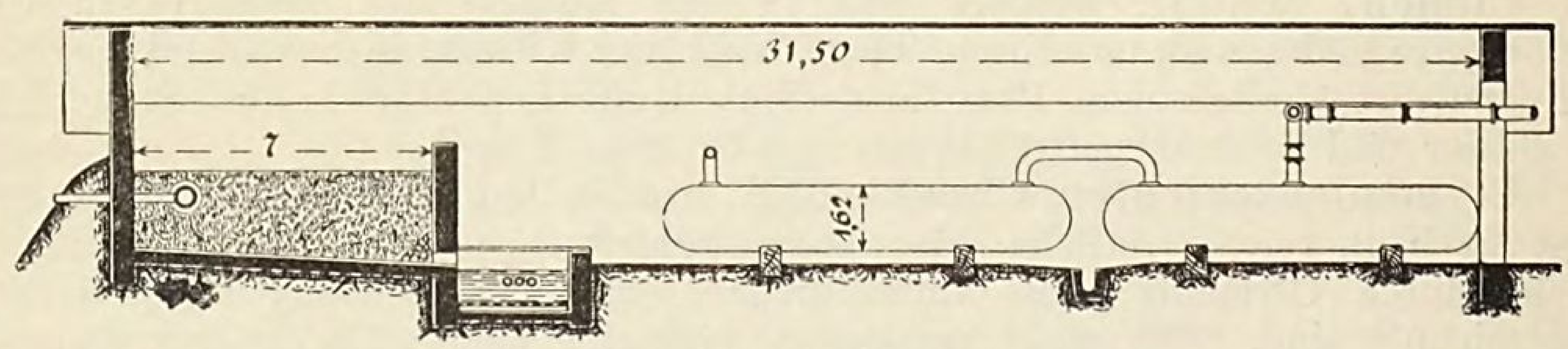


Fig. 2. Längenschnitt: *efgh.*

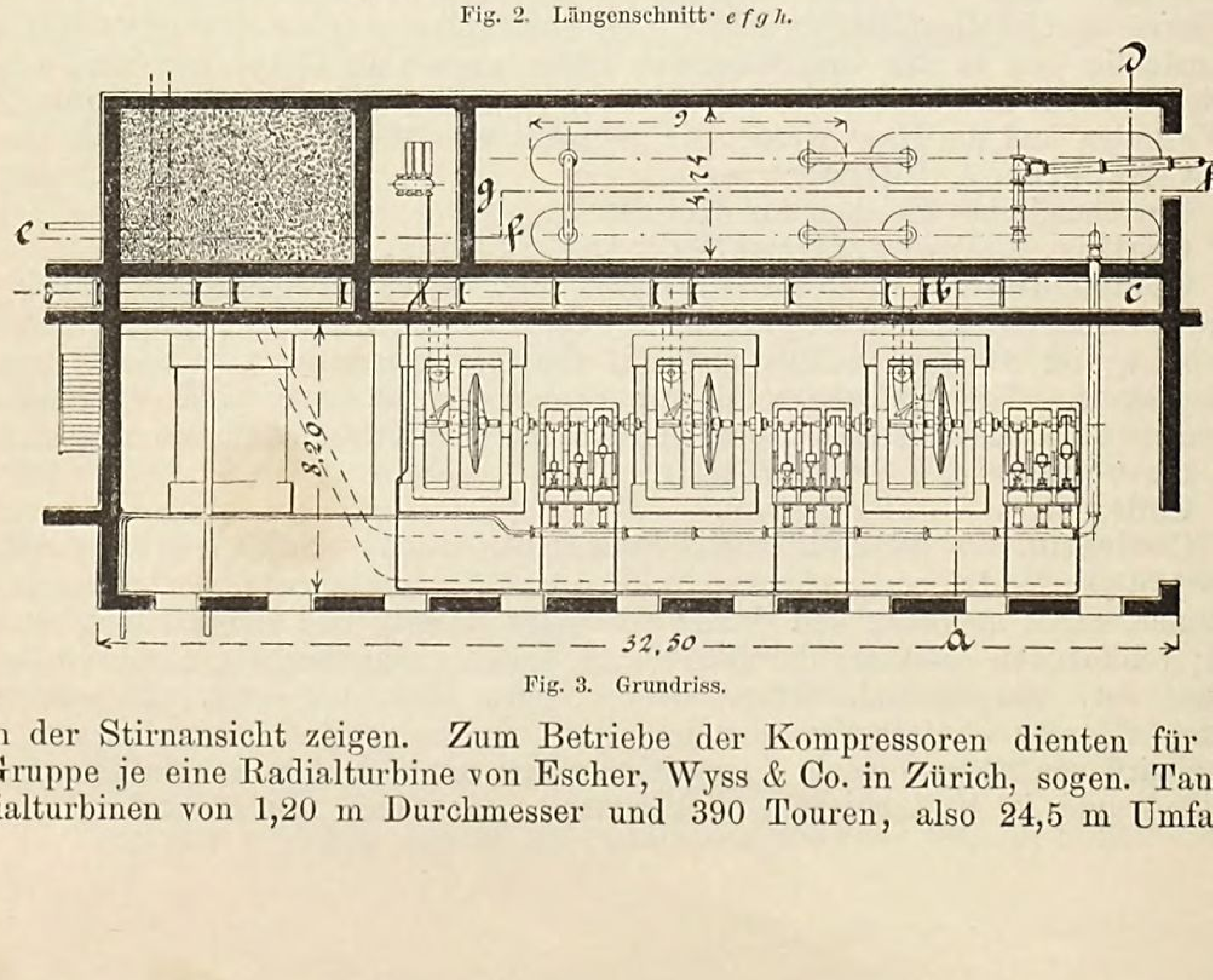


Fig. 3. Grundriss.

in der Stirnansicht zeigen. Zum Betriebe der Kompressoren dienten für jede Gruppe je eine Radialturbine von Escher, Wyss & Co. in Zürich, sogen. Tangentialturbinen von 1,20 m Durchmesser und 390 Touren, also 24,5 m Umfangs-

geschwindigkeit, 165 m Nutzgefälle, 0,160 cbm Wasser pro Sekunde, 210 eff. P. S. auf der stehenden Turbinenwelle, 200 eff. P. S. auf der Kompressorenwelle. Je drei Kompressoren von 0,46 m Cylinder-Durchmesser, 0,45 m Kolbenhub,

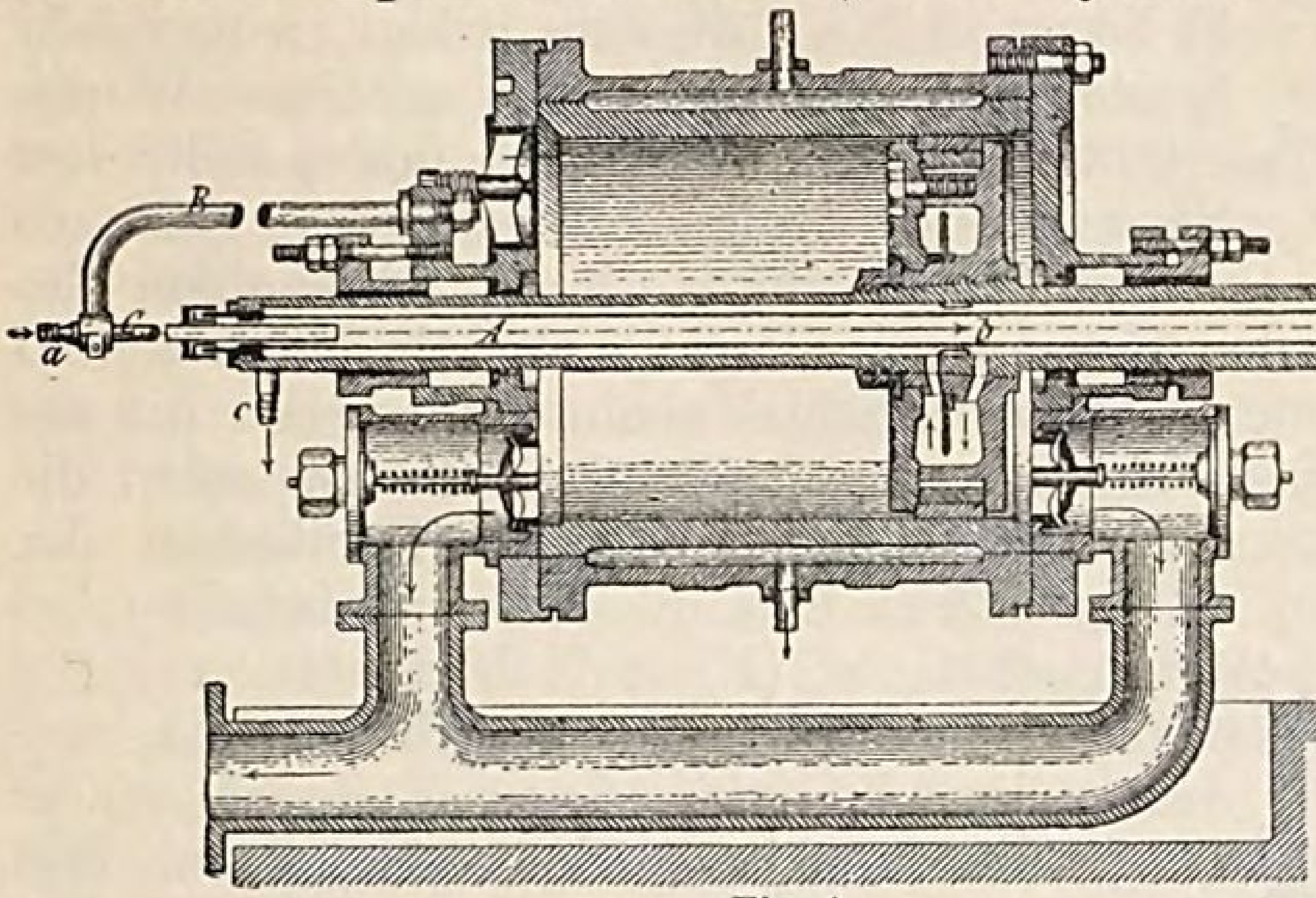


Fig. 4.

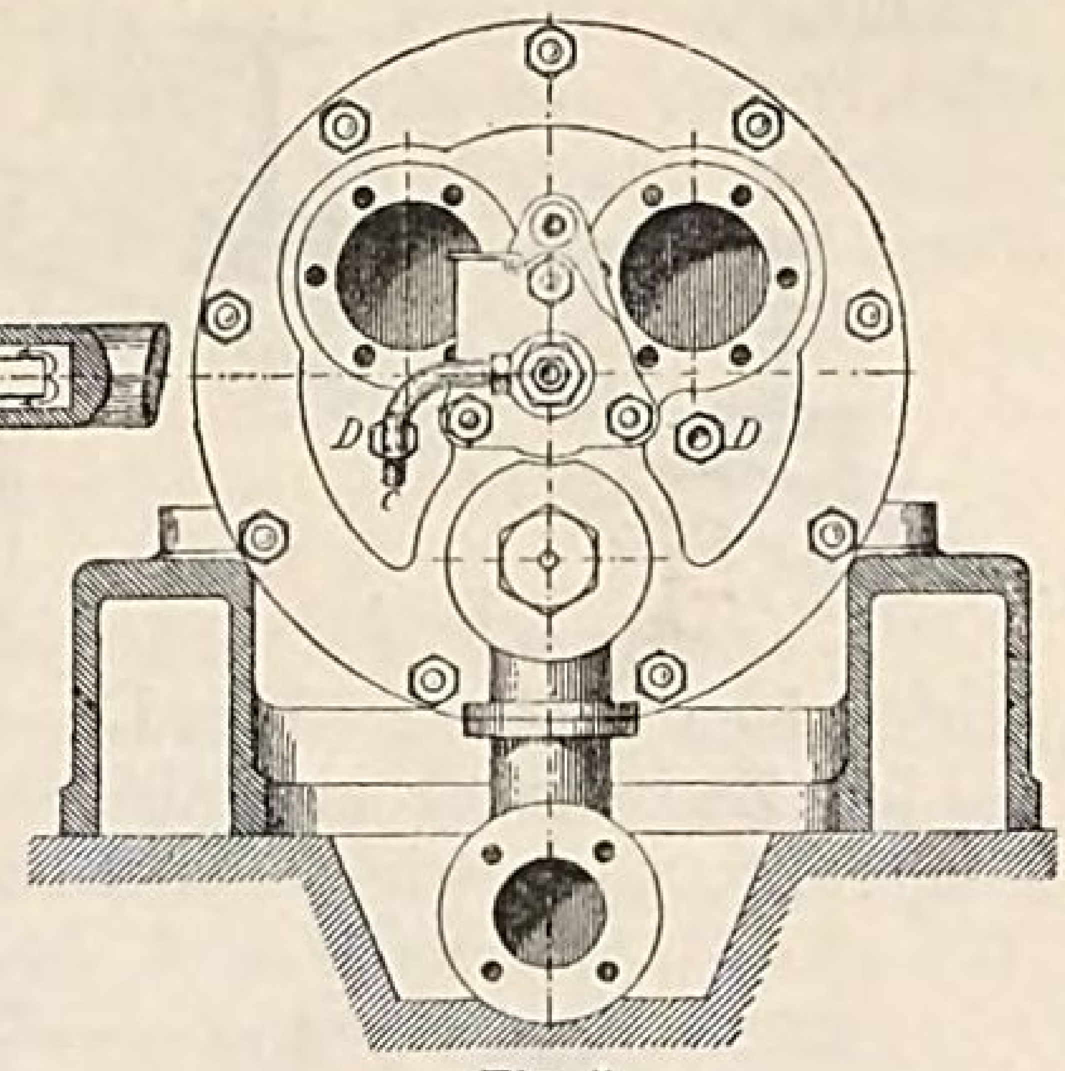


Fig. 5.

1,35 m grösster mittlerer Kolbengeschwindigkeit bei 90 Touren, einer minutlich angesaugten Luftmenge von 144,84 l. mit um je 120° gegen einander versetzten Kurbeln waren zu einer Gruppe vereinigt. Die Eigentümlichkeit des Colladon'schen Kompressors beruht einmal in der Wasserkühlung des Kolbens und der Kolbenstange und der Gleichheit aller Ventile. Die erstere wurde durch ein in die hohle Kolbenstange hineinragendes und gegen diese durch eine Stopfbüchse abgedichtetes Rohr *C* bewirkt, an dessen Ende bei *a* das Zuflussrohr befestigt war. Das Kühlwasser wurde durch eine besondere vom Kompressor mitbewegte Druckpumpe in die Rohrleitung gedrückt, nahm den durch die Pfeile *b* angedeuteten Weg in der hohlen Kolbenstange und durch den Kolben und trat bei *c* wieder aus, wo an die Kolbenstange ein Schlauch befestigt war. Ausserdem wurde auch der Mantel gekühlt und auch noch Kühlwasser in den Cylinder eingespritzt. Das zum letzteren Zwecke benützte Wasser wurde zweimal filtrirt, wozu die in Fig. 1—3 abgebildete Filteranlage diente. Der Verbrauch an Einspritzwasser betrug etwa 1 ‰ des Volumens der verdichteten Luft. Die Ventile, zwei Saugventile und ein Druckventil auf jeder Cylinderseite waren alle von gleicher Konstruktion und Grösse, so dass dieselben im Notfalle ausgewechselt werden konnten, hatten einen gesamten Saugventilquerschnitt von 0,0173 qm oder ca. $^1/_{10}$ des Cylinderquerschnittes und einen halb so grossen Druckventilquerschnitt. Der Abstand auf jeder Cylinderseite zwischen dem Kolben und Cylinderdeckel betrug nur ca. 6 mm, wodurch ein ziemlich kleiner schädlicher Raum geschaffen war. — [3] bis [5].

Litteratur: [1] Aus Rapport du Cons. Féd. Suisse etc. d. l. Ligne d. St. Gotthard, Bern, 1872—1882. — [2] S. Handb. d. Bauing.-Wissenschaften, IV, 1, S. 216, Fig. 1 u. 2, Tafel 12. — [3] Ann. industr. 1874, II, S. 456, Tafel 83 u. 84. — [4] Engng. 1875, I, S. 104. — [5] Armengaud, Publ. ind. 1872, Bd. 20, Tafel 32.

v. Ihering.

Collotypie, s. Leimdruck.

Colombier, s. Papierformate.

Colombinlack ist Florentinerlack in viereckigen Stücken.

Colonel (Kolonel), Schriftgattung von sieben typographischen Punkten Kegelstärke, französisch Mignonne oder Corps sept, englisch Minion. S. Schriftarten.

Color venenum, s. Farbenanstriche, Beseitigung derselben.

Columbarium, s. Leichenverbrennung.

Columbiapresse, s. Presse.

Columbustreppe nennt der Regierungsbaumeister R. Hermanns aus Elberfeld eine durch D. R. P. Nr. 56228 geschützte Treppenkonstruktion, welche zur Anlage von Treppen im Freien, wie in Höfen, Gärten, Parks, öffentlichen Wegen u. s. w. geeignet ist und infolge der Verwendung des Eisens als Hauptkonstruktionsmaterial billiger, dauerhafter und nicht reparaturbedürftig, angenehmer zu begehen und schöner ist als die bisher gebräuchlichen Steintreppen.

Die Herstellung der Columbustreppe erfolgt auf folgende Weise: Nachdem die Böschung in dem für die Treppe gewählten Steigungsverhältnisse abgeschrägt ist, werden die aus U-Eisen hergestellten Wangen *W*. (Fig. 1) parallel zu einander seitlich auf dieselbe gelegt, wobei sehr breite Treppen auch eine mittlere Wange erhalten. In den Wangen befinden sich, dem Steigungsverhältnis entsprechend, in gewissen Abständen Löcher, die zur Aufnahme der an den Schemeln *S* (Fig. 2) befindlichen Haken *H* dienen. Diese Schemel nehmen ihrerseits die aus I-Eisen bestehenden Stufeneisen *T* auf, wobei die Nasen *N* der Schemel über die Flantschen der Stufeneisen greifen. Werden nun die zwischen den einzelnen Stufeneisen liegenden Zwischenräume mit Beschotterungsmaterial (Kies, Kohlenasche u. s. w.) ausgefüllt, so bewirkt der Erddruck ein Hinunterschieben der Stufeneisen, wodurch die bis dahin losen Teile zu einem festen unverrückbaren Schluss kommen. Soll die Treppe mit einem Geländer versehen werden, so kommen Treppenschemel mit einer angegossenen Oese *O* (Fig. 3) zur Verwendung. In diese Oesen werden die mit einer Nase versehenen Geländerstäbe eingesteckt, wobei sich diese Nase in eine Aussparung des Schemels hineinlegt; das aufgelegte Stufeneisen drückt mit seiner unteren Flantsche auf die Nase und hält dadurch das Geländereisen fest. Für Freitreppen empfiehlt sich eine Steigung von 150 mm bei einem Auftritt von 370 mm. Dieselbe Konstruktionsweise kann auch für Bahn- und Bürgersteige angewendet werden; nur wird dann der Schemel einen horizontalen Fuss erhalten. Bezugsquelle: Kunstschlosserei Richard Hermanns & Co. in Elberfeld. *Hoch.*

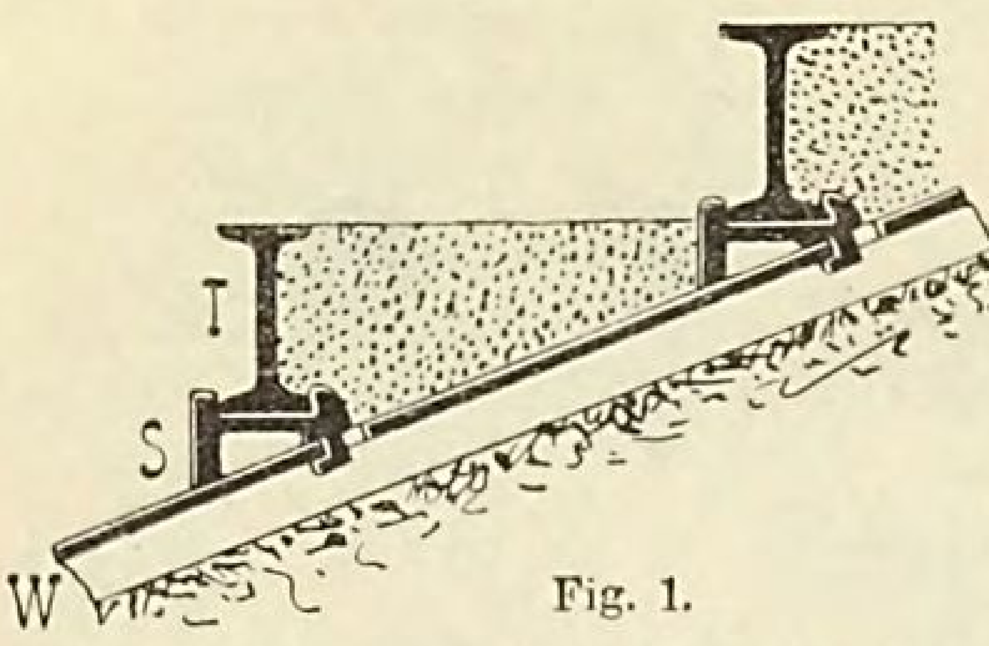


Fig. 1.

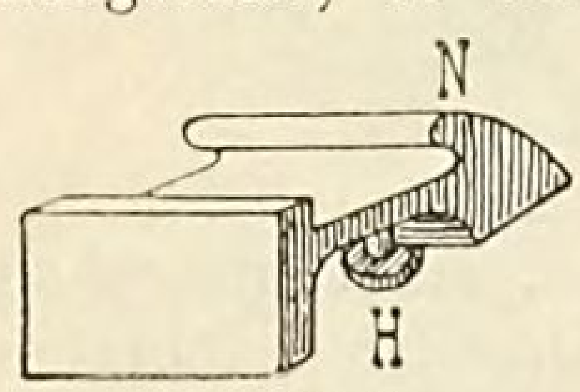


Fig. 2.

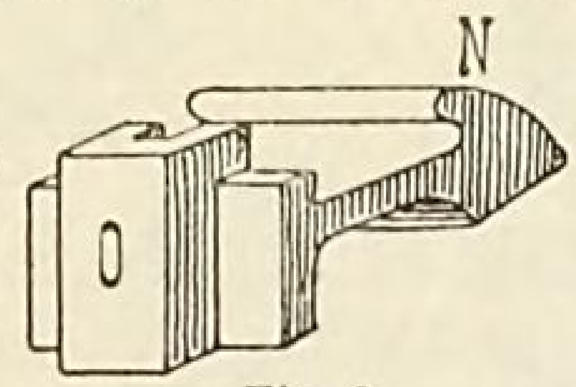


Fig. 3.

Columna rostrata, eine römische Ehrensäule, deren Schaft mit Schiffsschnäbeln verziert erscheint, namentlich Seehelden zu Ehren errichtet und auch in neuerer Zeit nicht selten angewendet.

Colzaöl, s. Rüböl.

Compluvium, ein Reservoir, das in dem Boden der römischen Atrien angebracht wurde, um das vom Dache herabfliessende Regenwasser aufzufangen (s. Atrium, Bd. 1, S. 526).

Compoundmaschine, s. v. w. Verbundmaschine, s. Dampfmaschinen und Dynamomaschine.

Compoundrelais, s. Telegraph.

Compoundzähne, bestehen an der arbeitenden Flanke aus Holz, an der andern aus Eisen und sollen ruhigen Gang mit grosser Festigkeit vereinigen (D.R.P. 44543, Michaelis in Chemnitz) [1]. Zusammengepresste Scheiben von Papier, Leder u. dergl. geben kleine Zahnräder mit sanftem Gang für geringe Kräfte (D.R.P. 61295, Riedinger in Augsburg). Ebensolche Räder aus roher Tierhaut werden trotz des hohen Preises von 15 und 25 *M.* bei 100 Durchm. 38 Br. bezw. 115 Durchm. 50 Br. (für elektrische Strassenbahnmotoren) empfohlen [2].

Litteratur: [1] Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1893, S. 372. — [2] ebd. S. 228. *Lindner.*

Concha (Koncha), s. Apsis, Bd. 1, S. 411.

Condoriholz, s. Nutzhölzer.

Confessio hiess in den alten christlichen Kirchen die Gruft des Märtyrers, die sich unterhalb des Altares befand (s. Altchristliche Bauweise).

Congerienschichten werden in der Geologie die der jüngern Tertiärformation (wahrscheinlich dem untern Pliocän) angehörigen Schichten des österreichisch-ungarischen Tertiärbeckens, Oberitaliens und des Rhonebeckens genannt, für welche neben anderen eine vorweltliche Muschel der Gattung Congeria charakteristisch ist. In den Donauländern, besonders im Wiener Becken, wird die Schichtenstufe in zwei Abteilungen getrennt, 1. eine untere Brackwasserablagerung, bestehend aus ziemlich reinen Thonen mit untergeordneten Sandzwischenlagen bis über 100 m mächtig, als Inzersdorfer Tegel

bezeichnet. Die Thone werden in grossem Massstabe zur Ziegel- und Backsteinherstellung verwendet; 2. eine obere Süsswasserablagerung, bestehend aus mächtigen Fluss-Schottern und -Sanden in flachen, thalförmigen Rinnen und Mulden abgesetzt und als Belvedere-Schotter und -Sande bezeichnet. Sie sind stark glimmerhaltig und von rostgelber Farbe, enthalten viel Gerölle von Milchquarz und grössere von Urgebirgsgesteinen. Das Material wird zur Beschotterung von Strassen und zur Herstellung von Fusswegen verwendet. *Leppla.*

Congorot, s. Farbstoffe, künstliche organische.

Congrevedruck, s. Farbendruck.

Contil, s. Tuchfabrikation.

Continue, s. Streichgarnspinnerei.

Continuebleiche, s. Baumwollstückbleiche (Bd. 2, S. 136).

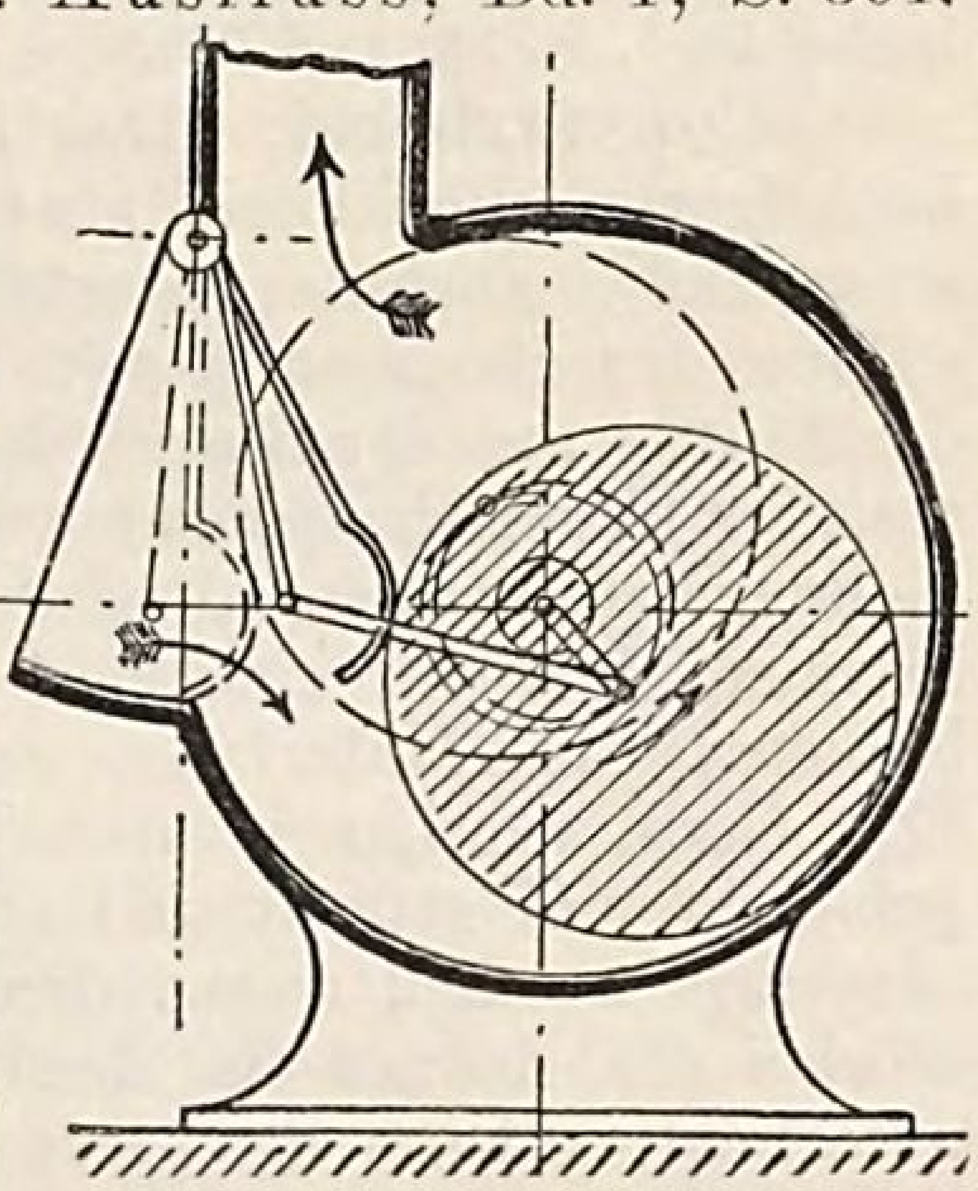
Conto de Reïs, in Portugal und Brasilien = 1 Million Reïs = 1000 Milreïs = ca. 4666,66 Mk. 1 Conto de Contos = 1 Milliarde Reïs.

Contractio venae, die Zusammenziehung des Strahls einer aus einer Gefässöffnung sich ergiessenden Flüssigkeit. Vergl. Ausfluss, Bd. 1, S. 591, und die Art. Hydrodynamik und Hydraulik.

Contrebogen, s. Erdbogen.

Contremutter, s. Gegenmutter.

Convent, s. Kloster.



Cooke'sches Gebläse, ein zur Gruppe der Kapselgebläse (s. d.) gehöriges rotirendes Gebläse (s. Fig.), welches auf dem Prinzip der rotirenden Bogenschubkurbel [1] beruht. Die Abdichtung des Saugraumes vom Druckraum geschieht durch eine an den Umfang der um die Drehaxe rotirenden, exzentrischen Scheibe dicht anschliessende Schwinge, welche durch eine ausserhalb des Gehäuses des Gebläses liegende Kurbel und Schubstange in schwingende Bewegung versetzt wird. Dasselbe ist 1869 von John Cooke in Darlington (England) erfunden und für die Firma Lingford, Gardiner & Co. in Bishop, Auckland [2] gebaut worden. Dasselbe hatte zwei hinter einander liegende Trommeln von je 8' Durchmesser und 16' Breite, während das Gehäuse je 12' Durchmesser hatte, die Exzentrizität der rotirenden Trommeln also 2' betrug. Dasselbe war für eine minutliche Luftmenge von 180000 cb' bei einem Wasserdruck von 3" (5100 cbm bei 76 mm), 150000 cb' bei einem Druck von 4" (4250 cbm bei 101 mm) und 120000 cb' bei 5" (3400 cbm bei 127 mm) bestimmt. Der Verlust durch Rückströmung der Luft betrug ungefähr 5 % der Gesamtluftmenge. Weitere Verbreitung scheint das Cooke'sche Gebläse nicht gefunden zu haben.

Litteratur: [1] Reuleaux, Kinematik, Braunschweig 1875, Tafel 6, Fig. 12. — [2] Engng. 1869, Bd. 8, S. 269 u. 271. *v. Ihering.*

Coppingplate (Spulenlineal) an der Spinnmaschine ist derjenige Mechanismus, welcher während dem Aufwinden des fertigen Fadens auf die Spindel, dem Aufwinddraht seine Bewegung vorschreibt, die notwendig ist, um den Faden, am richtigen Ort und mit richtiger Bewegung aufsteigend, auf die Spindel zu führen. Der Apparat besteht aus zwei über einander liegenden, mit schrägen Bahnen versehenen Linealen. Das obere wird während dem Aufwinden so verschoben, dass der Aufwinddraht durch einen vertikalen Arm langsam aufwärts steigt. Das untere Lineal wird nach jeder Wagenausfahrt so verstellt, dass dann jedesmal das obere um eine Grösse sinkt, welche den Anfangspunkt einer neuen Windungsschicht bestimmt (s. Selfaktor im Art. Baumwollspinnerei, Bd. 2, S. 121 u. ff.). *Bosshard.*

Coprahöl, s. Kokosnussöl.

Cops ist die aus dem Englischen auch in alle anderen Sprachen übergegangene Bezeichnung für die Aufwindungsform des gesponnenen Fadens, speziell für die cylindrisch, mit konischen Enden gewundenen Erzeugnisse der Mule-Spinnmaschinen. Sie werden in kleinerer (1 Zoll engl. Durchmesser,

5 Zoll engl. Länge) und grösserer Form ($1^1/_2$ Zoll engl. Durchmesser, 6 Zoll engl. Länge) hergestellt für Schussgarne und Zettelgarne. Erstere heissen nach dem Englichen Pincops, letztere Warpcops. Hier sei auch erwähnt, dass Schussgarn sich von Zettelgarn nicht nur in der verschiedenen Grösse der Aufwindung, sondern auch dadurch unterscheidet, dass Schussfaden durchschnittlich 10 % weniger Drehungen per Längeneinheit hat als Zettelfaden gleicher Nummer; auch wird für Schussfaden die geringere Baumwollqualität verwendet als für Zettel gleicher Nummer. *Bosshard.*

Copsbleiche. Baumwollgarne, die in Form von Cops (Kötzern), Spulen etc. gefärbt werden sollen, werden auch in dieser aufgewickelten Form der Operation des Bleichens unterworfen. Um die Form der Cops zu schonen und ein Verwirren des Garnes zu vermeiden, werden dieselben in Weidenkörbe gepackt und in den Bleichkier und in das Chlorkalkbad gebracht. Für hellere Nuancen erhalten die Cops eine Vollbleiche, in der Regel werden sie aber nur zur Entfettung der Baumwolle [1] mit Alkali abgekocht.

Litteratur: [1] Knecht, Rawson, Löwenthal, Handbuch der Färberei der Gespinnstfasern, Berlin 1894, S. 143 und 935. *J. B. Weckerlin.*

Copsfärberei. Das Färben der Garne (besonders der Baumwollgarne) in aufgewickelter Form als Cops (Kötzern), Bobinen, Kreuzspulen etc. bietet so wesentliche Vorteile gegenüber der Garnfärberei, dass sich diese Art der Veredlung der Baumwolle sehr rasch eingebürgert hat. — Während beim Färben der Garne auf der Barke das Material in der Flotte bewegt wird, liegt den meisten Copsfärbeapparaten das Prinzip zu Grunde, die Flotte durch das ruhig bleibende Copsmaterial hindurch zu saugen oder zu drücken. Es ergibt sich hieraus nicht nur eine Zeit- und Arbeitsersparnis, sondern auch eine grössere Schonung des Materiales, weil die Operationen des Spulens in Wegfall kommen. Die Cops werden in derselben Form, wie sie aus der Spinnerei kommen, gebleicht und gefärbt und können aus der Färberei direkt in die Webeschützen eingelegt werden, bezw. direkt zum Scheren der Ketten benützt werden. Da hierbei die Baumwolle den Operationen des Umziehens und Abwindens nicht unterliegt, so kann das Garn von vornherein weicher gesponnen werden. Dasselbe liefert ferner vollere Gewebe. Aus denselben Gründen ist es ebenso leicht, hohe Nummern wie grobe zu färben und es bereitet daher keine Schwierigkeiten, die feinen Garne für halbseidene Stoffe, Spitzen etc. zu färben. — Die praktischen Schwierigkeiten, welche beim Bauen von Copsfärbemaschinen naturgemäss auftraten, darin bestehend, ein gleichmässiges Durchfärben der fest gewickelten Cops zu erzielen, sind fast zur Zufriedenheit beseitigt. Am besten zur Apparatenfärberei sind die direktfärbenden, substantiven Baumwollfarbstoffe geeignet, da dieselben langsam aufziehen, folglich das Material gut durchdringen und gleichmässige Färbungen ergeben. Auch bei dieser Klasse von Farbstoffen ist es nötig, eine vorsichtige Wahl zu treffen; die leichtlöslichen Produkte verdienen den Vorzug. Ausser den direkten Baumwollfarbstoffen ist Indigo in Form der Hydrosulfitküpe zum Copsfärben sehr geeignet. Das Erban-Specht'sche Alizarinrotverfahren soll sich ebenfalls in der Copsfärberei bewährt haben. Um gleichmässige Resultate auf den Copsfärbeapparaten zu erreichen, ist es in erster Linie nötig, immer dieselben Flottenverhältnisse zum Gewicht des zu färbenden Materials im Auge zu behalten; ferner gleiche Temperatur des Färbebades und gleiche Zeitdauer zu beobachten.

Einschlägige Patente: D.R.P. Nr. 44231 (Anton August Graemiger in Crompton). Engl. Patent Nr. 2814 (G. Lombard in Tourcoing). D.R.P. Nr. 48051 (Sam. Mason jr. und W. Th. Whitehead in Radcliffe. D.R.P. Nr. 55787 (A. M. Koblenzer, Augsburg). D.R.P. Nr. 56463 (Graeminger, Whitehead etc. in Manchester). D.R.P. Nr. 60100 (M. Joung in Firma Crippin in Manchester). D.R.P. Nr. 61240 (Mommer & Cie., Barmen-Rittershausen. D.R.P. Nr. 11325 (Dr. J. Herzfeld und H. Stommel in Mülheim a. Rh.). D.R.P. Nr. 23117 (Obermaier in Lambrecht). Engl. Patent Nr. 14092 (F. Rosskothen in Dresden). D.R.P. Nr. 50699 (Aoust & frères in Brüssel). D.R.P. Nr. 58593 (R. Nürnberger in Leipzig).

Litteratur: J. Herzfeld, Färberei von Baumwollgarn in aufgewickeltem Zustand etc., in Lehnes Färberzeitung, Jahrg. 1891/92, S. 343 ff. — Knecht, Rawson, Löwenthal, Handbuch der Färberei der Gespinnstfasern, Berlin 1894, S. 943. *J. B. Weckerlin.*

Coquille, s. Eisengiesserei.

Coralrag, s. v. w. Korallenkalk, s. Kalkstein.

Corbiculakalk wird in der Geologie ein der jüngern Tertiärformation und zwar dem untern Miocän angehöriger Kalkstein genannt, der als Leitfossil eine kleine Muschel, die Corbicula Faujasi, führt. Es sind wohlgeschichtete, feste, bankige Kalke mit gelber Verwitterungsrinde, fast ganz aus Schalenresten von Schnecken und Muscheln bestehend. Sie enthalten häufig Magnesia, in einzelnen Fällen bis zu 33,58 % CO_3Mg; in anderen Fällen sind sie beinahe reine Kalke von halbkristalliner, sinterartiger Beschaffenheit. Die Verwendung ist eine ziemlich mannigfaltige; die reinen Kalke werden zur Sodafabrikation, die unreinen zur Herstellung von Zement und Luftmörtel, zur Düngung u. s. w. verwendet. *Leppla.*

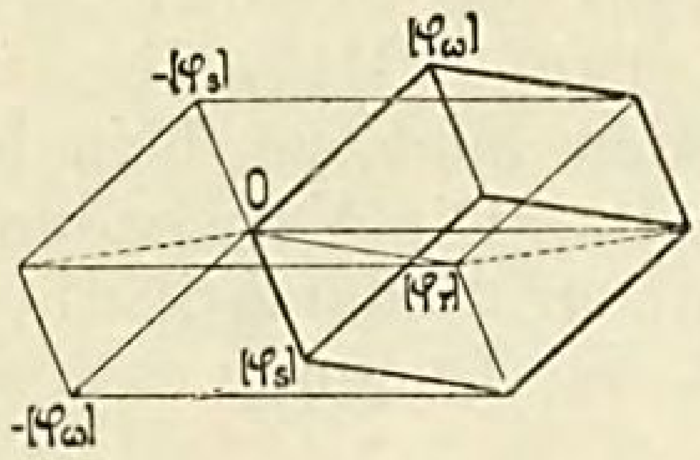
Cordierit, Dichroit, ein Mineral, Magnesia-Thonerde-Eisenoxyd-Silikat = $Mg_2Al_4Fe_4Si_5O_{18}$ (49—50 % SiO_2, 32—33 % Al_2O_3, 5—9 % Fe_2O_3, 10—12 % MgO), kristallisirt rhombisch, kurz prismatisch, auch derb in Geschiebeform. Bricht muschelig, ist spröde, glasglänzend, durchscheinend bis durchsichtig, farblos, hellgelb und hellgrün oder blau und zwar stark dichroitisch (dunkelblau in der Richtung der Axe und braungelb bis gelblichgrau, senkrecht zur Axe gesehen). Härte 7,5; spez. Gew. 2,6—2,7. Vor dem Lötrohr schwer schmelzbar, unlöslich in Säuren. Vorwiegend in Granit und kristallinen Schiefern. Die reinen blauen Cordierite, welche als Geschiebe auf Ceylon gefunden werden, bezeichnet man als Wassersaphire, die dunkelschwärzlichblauen mit sternförmigem Lichtschein als Luchssaphire. Beide Arten werden zu Ring- und Nadelsteinen gewöhnlich en cabochon, zuweilen auch in Würfelform geschliffen (auf Kupfer mit Smirgel, Politur mit Tripel auf Zinn). Der Preis ist nicht hoch, ein mässig grosser Ringstein wird mit 11—18 *M.* bezahlt. *Leppla.*

Cordit, s. Geschosstreibmittel.

Corduanleder oder Cordovan ist genärbtes (chagrinirtes), schwarzes oder farbiges sumachgares Schaf- oder Ziegenleder, welches nach der Stadt Cordova benannt ist, wo dasselbe zuerst von den Mauren hergestellt worden sein soll. Verwendung: als Luxusleder für feinere Schuhmacherarbeiten, für Buchbinder- und Galanteriearbeiten etc. *Pässler.*

Coriolis Satz von der relativen Beschleunigung eines Punktes. Die Bewegung eines Punktsystems Σ in Bezug auf ein Fundamentalsystem F z. B. in Bezug auf ein Koordinatensystem sei vollkommen bekannt, ebenso die Bewegung eines von ihm unabhängigen Punktes P in Bezug auf dasselbe System. Während der Bewegung beider in F fällt P mit immer anderen Systempunkten m, m', m'' ... von Σ zusammen. Die Reihe der Punkte m bildet in Σ eine Kurve; sie heisst die relative Bahn des Punktes P im System Σ, die Geschwindigkeit, mit welcher P sie durchläuft, seine relative Geschwindigkeit und die Beschleunigung, durch welche diese verändert wird, seine relative Beschleunigung in Σ. Diesen Begriffsbestimmungen gegenüber wird die Bewegung von P in F die absolute Bewegung, seine Bahn, Geschwindigkeit und Beschleunigung in F die absolute Bahn, Geschwindigkeit und Beschleunigung genannt. Die absolute Geschwindigkeit des Punktes P zur Zeit t ist die Resultante aus der relativen Geschwindigkeit desselben und der Geschwindigkeit des zu dieser Zeit mit ihm zusammenfallenden Systempunktes; seine absolute Beschleunigung ist aber nicht ebenso bloss die Resultante seiner relativen Beschleunigung und der Beschleunigung des mit ihm zusammenfallenden Systempunktes, sondern es tritt zu diesen beiden Komponenten noch eine dritte Komponente hinzu, um die absolute Beschleunigung zu bilden, die sogen. zusammengesetzte Zentripetalbeschleunigung. Ein Parallelepiped aus diesen drei Komponenten gibt durch seine Diagonale die absolute Beschleunigung. Diese dritte Komponente rührt von dem Fortrücken des Punktes P in Σ und von der Lagenänderung der relativen Bahn im Fundamentalsystem F her. Sie ist das doppelte Produkt aus der Projektion der relativen Geschwindigkeit von P auf eine zu der, der Zeit t entsprechenden Momentanaxe von Σ senkrechte Ebene in die Winkelgeschwindigkeit um diese Axe und ihrer Richtung nach senkrecht zu der durch die relative Geschwindigkeit zur Momentanaxe parallel gelegten Ebene und dem Sinne nach harmonirend mit der Winkelgeschwindigkeit um diese Axe.

Kehrt man die Beschleunigung des Systempunktes und die zusammengesetzte Zentripetalbeschleunigung dem Sinne nach um, so bilden sie mit der absoluten Beschleunigung von P eine Resultante, welche die relative Beschleunigung von P in Σ zur Zeit t ist. Hierdurch erhält man, wenn man die umgekehrte zusammengesetzte Zentripetalbeschleunigung die zusammengesetzte Zentrifugalbeschleunigung nennt, den folgenden zuerst von Coriolis aufgestellten Satz über die relative Beschleunigung: Die relative Beschleunigung $[\varphi_r]$ eines Punktes P in einem in Bewegung begriffenen System Σ zur Zeit t ist die Resultante von drei Komponenten: 1. von der absoluten Beschleunigung $[\varphi]$ von P, 2. von der umgekehrten Beschleunigung — $[\varphi_s]$ des mit P zusammenfallenden Systempunktes und 3. von der zusammengesetzten Zentrifugalbeschleunigung — $[\varphi_\omega]$, wo $\varphi_\omega = 2\,\omega u$ und $u = v_r \sin\alpha$, wenn v_r die relative Geschwindigkeit von P, α der Winkel, welchen diese mit der Momentanaxe von Σ bildet, aber u die Projektion von v_r auf eine zur Momentanaxe senkrechte Ebene und ω die Winkelgeschwindigkeit um diese ist. — Das Nähere s. im Artikel Relative Bewegung.



Litteratur: Coriolis, Mémoire sur les équations du mouvement relatif des systèmes des corps. (Journ. de l'école polytechn., T. XV, Cah. 24, p. 142). — Résal, Traité de cinématique pure, Paris 1862, p. 225 u. ff.; sowie dessen Traité de mécanique générale, T. I, p. 125 u. ff. — Schell, Theorie der Bewegung und der Kräfte, I, S. 517 u. ff., Leipzig. *Schell.*

Corlissmaschine, s. d. Art. Dampfmaschinen.

Cornea, s. Auge.

Corned-beef, s. Konservirung.

Cornets Verladeband, s, Verladung.

Cornishstone (Cornischstein), wird in England (Cornwall) ein ziemlich zersetzter glimmerarmer Granit genannt, in welchem ein Teil des Feldspates in Kaolin umgewandelt ist. Das Gestein wird in der Porzellanfabrikation als Flussmittel und zu Glasuren verwendet. *Leppla.*

Cornubianit, s. Hornfels.

Cornwallmaschine, s. Dampfmaschinen.

Corona, lat. 1. Krone, Kranz; 2. nach Vitruv Kranzgesims der antiken Säulenordnung, d. i. bekrönendes Traufgesims, bestehend in Hängeplatte mit Oberglied; 3. Kronleuchter.

Corpus (Korpus), eine Schriftgattung (s. Schriftarten) von 10 typographischen Punkten Kegel- oder Körperstärke. Sie soll in der Erstzeit des Buchdrucks vorzugsweise zum Druck des Corpus juris civilis gedient und davon ihren Namen empfangen haben. In süddeutschen und österreichischen Buchdruckereien wird sie jedoch Garmond genannt, nach dem berühmten französischen, zur Zeit Franz I. in Paris lebenden Schriftschneider Claude Garamond. In den Buchdruckereien Frankreichs heisst sie heute Corps dix, früher Philosophie; in denen Englands und Nordamerikas Long Primer. — Andere Bedeutung des Wortes s. unter Gaslampen. *Theod. Goebel.*

Correggiofirnis, Malmittel in der Oelmalerei, besteht aus gleichen Teilen Petroleum und venetianischem Terpentin.

Corsit, s. Diorit.

Cortis Organ, s. Ohr.

Corvin Niello, Dekorationsverfahren für Metalle mittelst eingelegter Blättchen aus Perlmutter, Bernstein, Elfenbein und Schildpatt, wodurch sehr schöne Effekte erzielt werden. Vor Corvin-Wierbitzky, der diese Dekoration auf ziemlich einfache Weise herstellte, wurde es nur höchst selten ausgeübt, weil die Mühsamkeit des Verfahrens und die geringe Haltbarkeit der eingelegten Zierate nicht lohnend schien. Corvin verfährt zur Herstellung der Dekorationen wie folgt: Zunächst fertigt man eine Matrize aus Metall, deren Oberfläche fein polirt ist. Den Einlagen (also Perlmutter, Bernstein, Elfenbein und Schildpatt) wird nun jene Form gegeben, welche der Stelle entspricht, die sie in der Zeichnung einnehmen sollen, und auf die Zeichnung aufgeklebt. Ist die ganze Zeichnung in dieser Weise ausgeführt, so werden die aufgeklebten Plättchen auf der Rückseite so präparirt, dass sie den galvanischen Strom leiten. Bringt

man nun die so vorbereitete Matrize in den galvanoplastischen Apparat, so schlägt sich das Kupfer nicht nur auf der metallischen Matrize, sondern auch auf der Rückseite der einzelnen Stücke nieder und letztere sind von dem Kupferniederschlag fest eingeschlossen. Hat der Niederschlag die gewünschte Stärke erreicht, so löst man ihn von der etwas erwärmten Matrize ab und erhält so die Inkrustation, deren rechte Seite polirt ist. Die aufgelegten Stückchen sind so genau und eben eingelegt, wie es die geschickteste Handarbeit nicht zu stande bringt. *Andés.*

Cos (cos. hyperbol.), s. Hyperbelfunktionen.

Cosecans, wenig gebräuchliche goniometrische Funktion, Cofunktion zu secans: $\operatorname{cosec} x = \sec\left(\frac{\pi}{2} - x\right)$, reciprok zur Funktion sinus: $\operatorname{cosec} x = \frac{1}{\sin x}$ und deshalb entbehrlich. Sie ist ungerade: $\operatorname{cosec}(-x) = -\operatorname{cosec} x$, periodisch mit der Periode 2π: $\operatorname{cosec}(x \pm n \,.\, 2\pi) = \operatorname{cosec} x$ (n eine beliebige ganze Zahl); ihr Additionstheorem lautet: $\operatorname{cosec}(a + b) = \frac{\sec a \,.\, \sec b}{\operatorname{tg} a + \operatorname{tg} b}$. Sie verschwindet für keinen reellen endlichen Wert von x und wird unendlich für $x = o, \pm\pi, \pm 2\pi, \ldots$ Weiteres unter Goniometrie. *Mehmke.*

Cosinus, Cofunktion zur goniometrischen Funktion sinus: $\cos x = \sin\left(\frac{\pi}{2} - x\right)$, analytisch definirt durch die für alle (auch komplexe) endlichen Werte von x konvergente unendliche Reihe: $\cos x = 1 - \frac{x^2}{1.2} + \frac{x^4}{1.2.3.4} - \ldots$ (Die geometrische Definition bei reellem Argument s. unter Goniometrie). Sie ist eine periodische Funktion mit der Periode 2π: $\cos(x \pm n \,.\, 2\pi) = \cos x$, ($n$ eine beliebige ganze Zahl), und dem Additionstheorem:

$$\cos(a + b) = \cos a \cos b - \sin a \sin b.$$

Ferner ist sie gerade: $\cos(-x) = \cos x$; sie nimmt den Wert Null an für $x = \pm\frac{\pi}{2} \pm n \cdot 2\pi$ und wird für keinen endlichen Wert von x unendlich gross. Beziehung zu der Exponential- und den Hyperbelfunktionen:

$$\cos x = \frac{e^{ix} + e^{-ix}}{2} = \mathfrak{Cos}\, i x.$$

Weitere Eigenschaften s. unter Goniometrie. *Mehmke.*

Cosmolin, seit neuerer Zeit in den Handel kommender Fettstoff, im wesentlichen ein Gemisch von Paraffin mit fetten Oelen, welche durch oberflächliche Reinigung der Petroleumrückstände gewonnen werden.

Costes Bruttrog, s. Fischzucht, künstliche.

Cosyns Querschwelle, s. Oberbau.

Cotangens, Cofunktion und zugleich Reziproke der goniometrischen Funktion tangens:

$$\operatorname{ctg} x = \operatorname{tg}\left(\frac{\pi}{2} - x\right) = \frac{1}{\operatorname{tg} x};$$

für alle (auch komplexen) Werte von x definirt durch $\operatorname{ctg} x = \frac{\cos x}{\sin x}$; periodische Funktion mit der Periode π: $\operatorname{ctg}(x \pm n \,.\, \pi) = \operatorname{ctg} x$ (n eine beliebige ganze Zahl), und dem Additionstheorem $\operatorname{ctg}(a + b) = \frac{\operatorname{ctg} a \operatorname{ctg} b - 1}{\operatorname{ctg} a + \operatorname{ctg} b}$; ist ungerade: $\operatorname{ctg}(-x) = -\operatorname{ctg} x$; verschwindet für $x = \pm\frac{\pi}{2}, \pm\frac{3\pi}{2}, \ldots$ und wird unendlich für $x = 0, \pm\pi, \pm 2\pi, \ldots$ Man hat

$$\operatorname{ctg} x = i\,\frac{e^{ix} + e^{-ix}}{e^{ix} - e^{-ix}} = i\,\frac{e^{2ix} + 1}{e^{2ix} - 1} = i\,\mathfrak{Ctg}\, ix.$$

S. auch Goniometrie. *Mehmke.*

Cotg (cotg. hyperbol.), s. Hyperbelfunktionen.

Cottonöl, s. Baumwollsamenöl.

Cottonstuhl, eine von dem Engländer Cotton erfundene flache, regulär arbeitende Kulirwirkmaschine mit lotrecht stehenden Nadeln.

Couleur, gleichbedeutend mit Zuckercouleur, eine sirupdicke Lösung von gebranntem Zucker (Caramel) in Wasser; s. Stärkezuckerfabrikation.

Coulisse, s. Schiffsmaschine, Theater und Wasserräder.

Couloir (franz.) 1. Seiher, Seihgefäss; 2. schmaler Verbindungsgang oder Geheimtreppe zwischen Wohngemächern; auch Gang hinter den Theaterlogen.

Coulomb, s. Absolutes Masssystem, Bd. 1, S. 70.

Coulteriaholz, s. Farbstoffe, pflanzliche.

Coupé nennt man eine durch Seitenwände und Querwände des Wagens eingeschlossene Abteilung, auch Wagenabteil genannt. Nach ihrer Lage zum Wagen unterscheidet man End- und Mittelcoupés. Nach der Art ihrer Bestimmung unterscheidet man Frauen-Coupés, Coupés für Raucher, Coupés für Nichtraucher, Dienst-Coupés. Da häufig ein Wagen Coupés verschiedener Klassen enthält, so unterscheidet man auch nach der Wagenklasse Coupés I., II. oder III. Klasse. Während die Coupés im allgemeinen zwei einander gegenüber liegende Sitzbänke haben, so verwendet man auch sogen. Halbcoupés mit einer Reihe Sitze, die dann in der Regel als Endkoupés angeordnet werden und der besseren Aussicht wegen auch in der Wagenstirnwand mit Fenstern versehen sind (Bâtardcoupé). *Frank.*

Coupélampe, vergl. Beleuchtung der Eisenbahnwagen.

Coupéschlüssel, s. Wagenschlüssel.

Coupeuse, s. Flachsspinnerei.

Coupéwagen, im Gegensatz zu den in Amerika, der Schweiz, Württemberg etc. gebräuchlichen sogen. Durchgangswagen beim Eisenbahnbetrieb, ein Personenwagen mit mehreren, durch Zwischenwände getrennten, teils mit einer, teils mit zwei Sitzreihen versehenen Abteilungen (Coupés), zu welchen letzteren man durch zwei seitlich angebrachte Thüren von rechts und von links gelangen kann. S. den Art. Personenwagen.

Coupiers Kolonnenapparat, s. Teer.

Coupiren, in der Zeugdruckerei das Versetzen der Stammfarben, Mutterfarben mit Verdickungsmitteln, um hellere Nuancen (Coupüren) zu erzeugen, resp. um die Nuancen genau einzustellen. — In der Anilinfarbenfabrikation versteht man darunter das Einstellen der Farbstoffe auf den Handelstyp. Da die Farbstoffe, wie sie aus der Fabrikation erhalten werden, in Stärke mehr oder weniger schwanken, so haben die Farbenfabriken für jedes Produkt einen Typ festgestellt, auf welchen die Fabrikationsprodukte eingestellt werden, um dem Käufer immer gleich starke Ware liefern zu können. Zum Einstellen dienen je nach der Klasse, der die Farbstoffe angehören, Dextrin, Glaubersalz, Kochsalz, Zinksulfat etc. *J. B. Weckerlin.*

Coupirung nennt man die zum Abschlusse von Nebenarmen oder Flussspaltungen in Flussläufen angelegten Buhnen (Sperrbuhnen, Spaltbuhnen). Vergl. Flussregulirung.

Courtine, s. Festungsbau.

Coutil, ein der Buckskin-Kategorie angehöriges, aus feinem Streichgarn erzeugtes, einfach gemustertes, meist zu Beinkleidern verwendetes Gewebe. S. Tuchfabrikation.

Couturiers Instrument, s. Freihandinstrumente zum Nivelliren und Höhenwinkelmessen.

Covado (Cubado), Längenmass, in Portugal à 2 Pé à 1,5 Palmo = 0,66 m, in Marokko = 0,53 m, in Brasilien = 0,68 m.

Covellin, Kupferindig, ein Mineral, Schwefelkupfer = CuS (66,46 % Cu, 33,54 % S) kristallisirt hexagonal, ist jedoch meist derb, plattig, stängelig oder nierenförmig; mild und in dünnen Blättchen biegsam, flach muschelig brechend, dunkelindigblau; Strich schwarz; halbmetallisch glänzend, undurchsichtig. Härte $1^1/_2$—2; spez. Gew. 3,8—3,85. Schmilzt vor dem Lötrohr auf Kohle und brennt mit blauer Flamme. In Salpetersäure löslich. Wird auf Kupfer verhüttet. *Leppla.*

Cowles Thonerdereduktionsofen, s. Aluminiumlegirungen.

Cowper-Apparat, s. steinerne Winderhitzer unter Oefen, metallurgische.

Coxe-Rätter, s. Siebvorrichtungen.

Cr, chemisches Zeichen für Chrom.

Crabben, eine Operation, welche den Zweck hat, gemischten Geweben (Wolle und Baumwolle) ein glattes Aussehen zu geben und einen gewissen

Glanz zu erzeugen, der selbst bei späterem Netzen der Stoffe nicht mehr verschwindet. Die Crabbmaschine besteht im wesentlichen aus drei flachen Holzkufen von ca. 150 l Inhalt, in welchen je eine Leitwalze zur Führung der Ware eingebettet ist. Ueber diesen Holzkufen sind je zwei schwere Eisenwalzen gelagert, von denen die obere gehoben und gesenkt und mittelst einer Vorrichtung stark gegen die untere gepresst werden kann [1]. Die Ware läuft über Spannstäbe durch die erste Holzkufe, welche eine schwache, auf ca. 60° C. erwärmte Soda- oder Seifenlösung enthält, wird auf der unteren Eisenwalze aufgewickelt, während die obere mit einem starken Druck, der für verschiedene Gewebe verschieden ist, auf die auflaufende Ware drückt und mit rotirt. Aus der ersten Kufe gelangt die Ware in die zweite, welche mit kochendem Wasser gefüllt ist, von hier in die dritte, welche kaltes Wasser enthält, wobei die Ware stets auf der unteren Walze aufgewickelt und von der oben befindlichen gedrückt wird. Nun wird die Ware auf einen hohlen, perforirten Kupfer- oder Eisencylinder in der Weise aufgedockt, dass sie in die Breite gezogen wird und Leiste auf Leiste zu liegen kommt. Auf diesen Cylindern gelangt nun die Ware zum Dämpfen. Dieser ganze Vorgang wird „crabben" genannt. Ohne diesen Prozess würden die Waren ein unansehnliches, runzeliges Aussehen haben, herrührend von den ungleichen hygroskopischen Eigenschaften der verschiedenen Fasern, wodurch sich die einzelnen Fasern beim Waschen verschieden zusammenziehen und so Anlass zu einer runzeligen Oberfläche des Stoffes geben.

Vielfach werden auch bessere Baumwollstoffe diesem Prozesse unterworfen.

Litteratur: [1] Hummel-Knecht, Färberei und Bleicherei der Gespinnstfasern, Berlin 1891.

J. B. Weckerlin.

Cragformation, in der Geologie Englands für vorwiegend sandige Pliocänschichten (s. Tertiärformation) gebrauchte Bezeichnung. Unter „Crag" versteht man sandige, an Muschelresten und Schalenbruchstücken reiche Schichten, deren Material vielfach zur Verbesserung des Bodens verwendet wird. Man unterscheidet: 1. Weisser oder Coralliner-Crag als tiefstes Pliocän, aus weissen mergeligen und kalkigen, weichen Gesteinen bestehend, mit zahlreichen Muschelresten. 2. Roten oder Suffolk-Crag, dem untern Oberpliocän angehörig, ein rostgelber oder -brauner, quarziger Sand, in dessen Liegenden oft Phosphoritknollen vorkommen. 3. Norwich-Crag, über dem vorigen gelagert, ein an Muschelresten reicher Sand, der am Boden des Meeres in der Nähe einer Flussmündung abgesetzt wurde. *Leppla.*

Craveiro, s. Pfeffer.

Crayonmanier, s. Kupferstecherkunst.

Creas (Lederleinwand, crès, dowlas), sehr dicht gearbeitete Leinwand (mit 34 bis 92 Gängen auf 1 m); s. Weberei.

Crednerit, Mangankupfererz, ein Mineral, Mangan-Kupferoxyd = $Cu_3Mn_4O_9$ (57,02 % MnO, 42,98 % CuO). Kristallform unbekannt, derb, körnig, blätterig; spaltbar, uneben brechend; eisenschwarz, Strich schwarz, metallglänzend auf der Spaltfläche, undurchsichtig. Härte $4^1/_2$—5; spez. Gew. 4,9—5,05. Schmilzt schwer vor dem Lötrohr. Löst sich in Salzsäure unter Chlorentwicklung zu grüner Flüssigkeit. *Leppla.*

Crematorium, s. Leichenverbrennung.

Cremometer, s. v. w. Galaktometer (s. d.).

Cremona'scher Kräfteplan. Die in den Stäben eines ebenen Fachwerkes (s. d.) bei gegebener Belastung auftretenden Kräfte werden in der graphischen Statik vielfach dadurch bestimmt, dass man für jeden Knotenpunkt mittelst eines Kräftepolygons Gleichgewicht zwischen den daselbst zusammentreffenden äusseren und inneren Kräften herstellt. Diese Kräftepolygone bilden in ihrer Gesamtheit eine einheitliche Figur, die man, da das Verfahren von Professor L. Cremona wissenschaftlich begründet worden ist, einen Cremona'schen Kräfteplan nennt. Man beginnt die Zeichnung damit, dass man, dem Umfange des Fachwerks folgend, die gegebenen äusseren oder angreifenden Kräfte zu einem geschlossenen Kräftepolygon zusammensetzt. Hierauf schreitet man, an einem Ende des Fachwerks beginnend, von Knotenpunkt zu Knotenpunkt vor, setzt

an jedem Punkte die bereits bekannten Kräfte zusammen und zerlegt deren Mittelkraft nach den Richtungen der unbekannten Kräfte. Hierbei ist darauf zu sehen, dass jeweils nur zwei unbekannte Stabkräfte vorkommen, was bei regelmässigen Fachwerken immer möglich ist. Am Schlusse der Arbeit ergibt sich stets eine Probe für die Richtigkeit derselben. Will der Schluss nicht stimmen oder wünscht man schon vorher eine Kontrolle auszuüben, so berechnet man einzelne Stabkräfte nach dem Momentenverfahren. Aus dem Richtungssinne der äusseren Kräfte lässt sich durch Einzeichnen der Pfeilrichtungen auch der Sinn der inneren Kräfte bestimmen. — Am klarsten und einfachsten werden diese Kräftepläne, wenn bei deren Bildung dafür gesorgt wird, dass jede Gurtungskraft durch den Trennungspunkt derjenigen beiden Kräfte geht, die an den Endpunkten des betreffenden Gurtungsstabes angreifen. In diesem Falle entspricht nicht nur jedem Knotenpunkte des Fachwerks ein geschlossenes Polygon im Kräfteplan, sondern auch jedem dreieckförmigen Felde des Fachwerks ein Punkt im Kräfteplan, durch den die drei betreffenden Kräfte gehen. Wird nach dieser Regel vorgegangen, so kommt im Kräfteplane jede Kraft nur einmal vor. Bei unregelmässigen und mehrteiligen Fachwerken ist es nicht immer möglich, diese Regel einzuhalten; manche Kräfte müssen hier parallel verschoben, d. h. zweimal aufgetragen werden. — Man verwendet Cremona'sche Kräftepläne bei der statischen Berechnung der Brückenfachwerke, um den Einfluss des Eigengewichts auf sämtliche Stäbe und den Einfluss der zufälligen Last auf die Gurtungen zu ermitteln. Vorzüglich eignet sich das Verfahren zur Berechnung der gewöhnlichen Dachbinder. Auch bei der Berechnung von Bogenträgern leistet es gute Dienste.

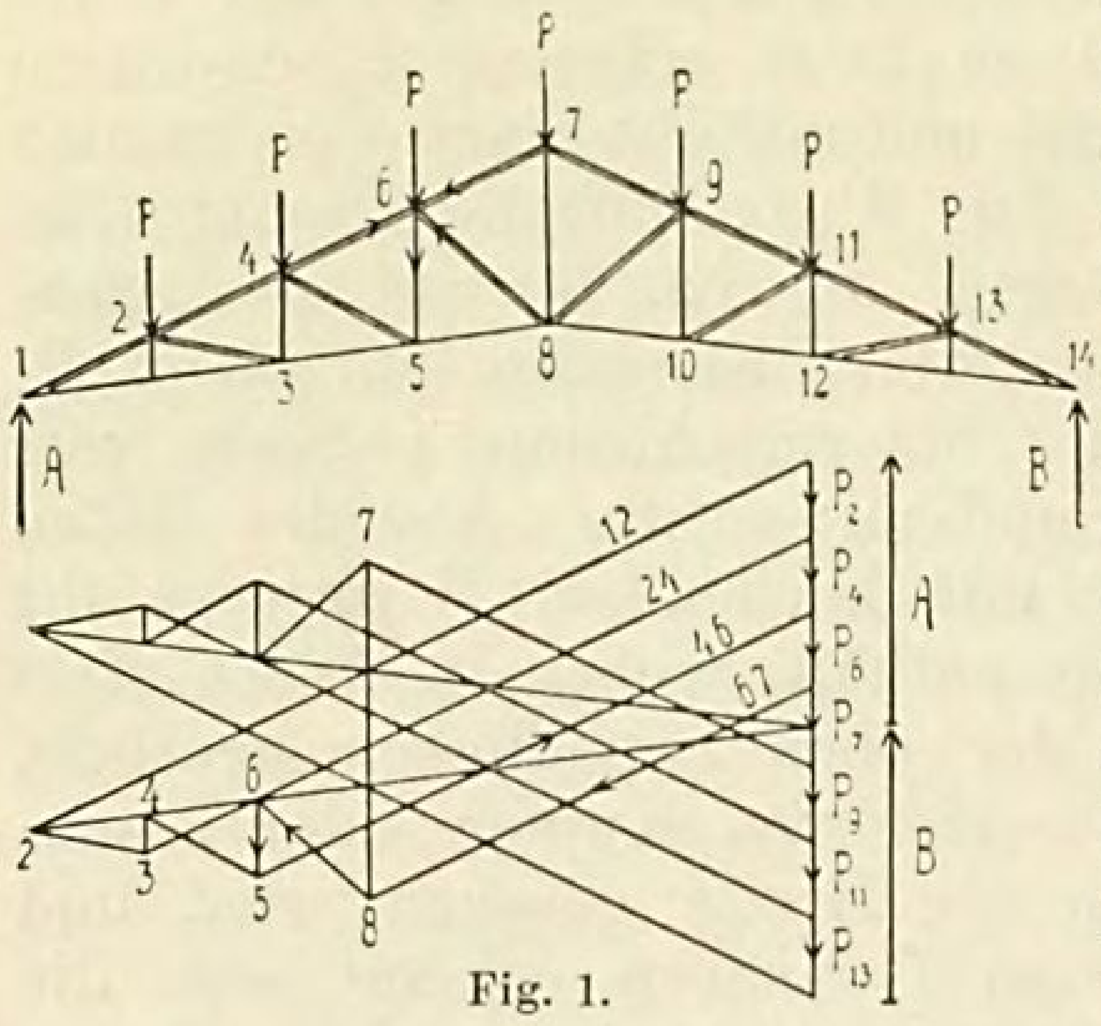


Fig. 1.

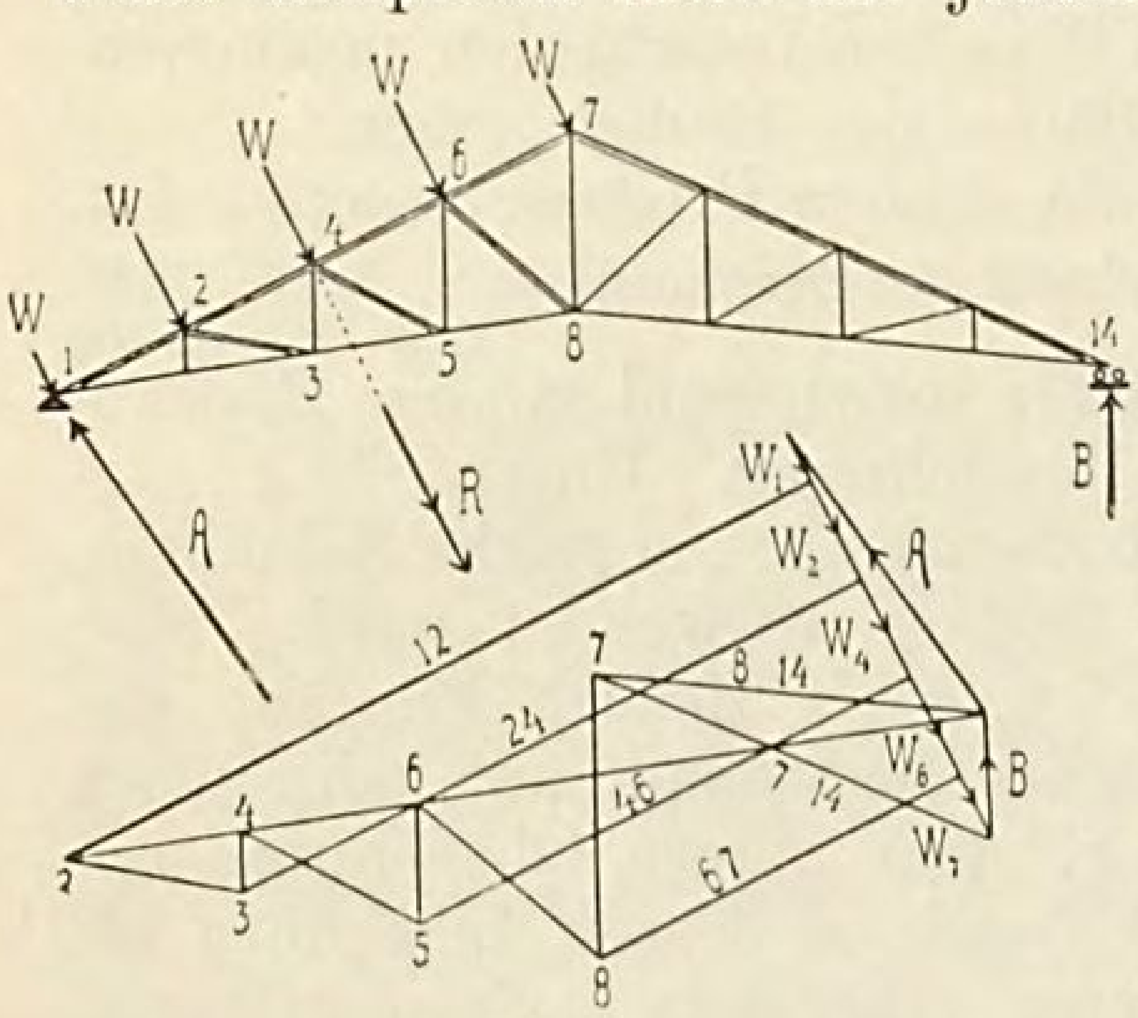


Fig. 2.

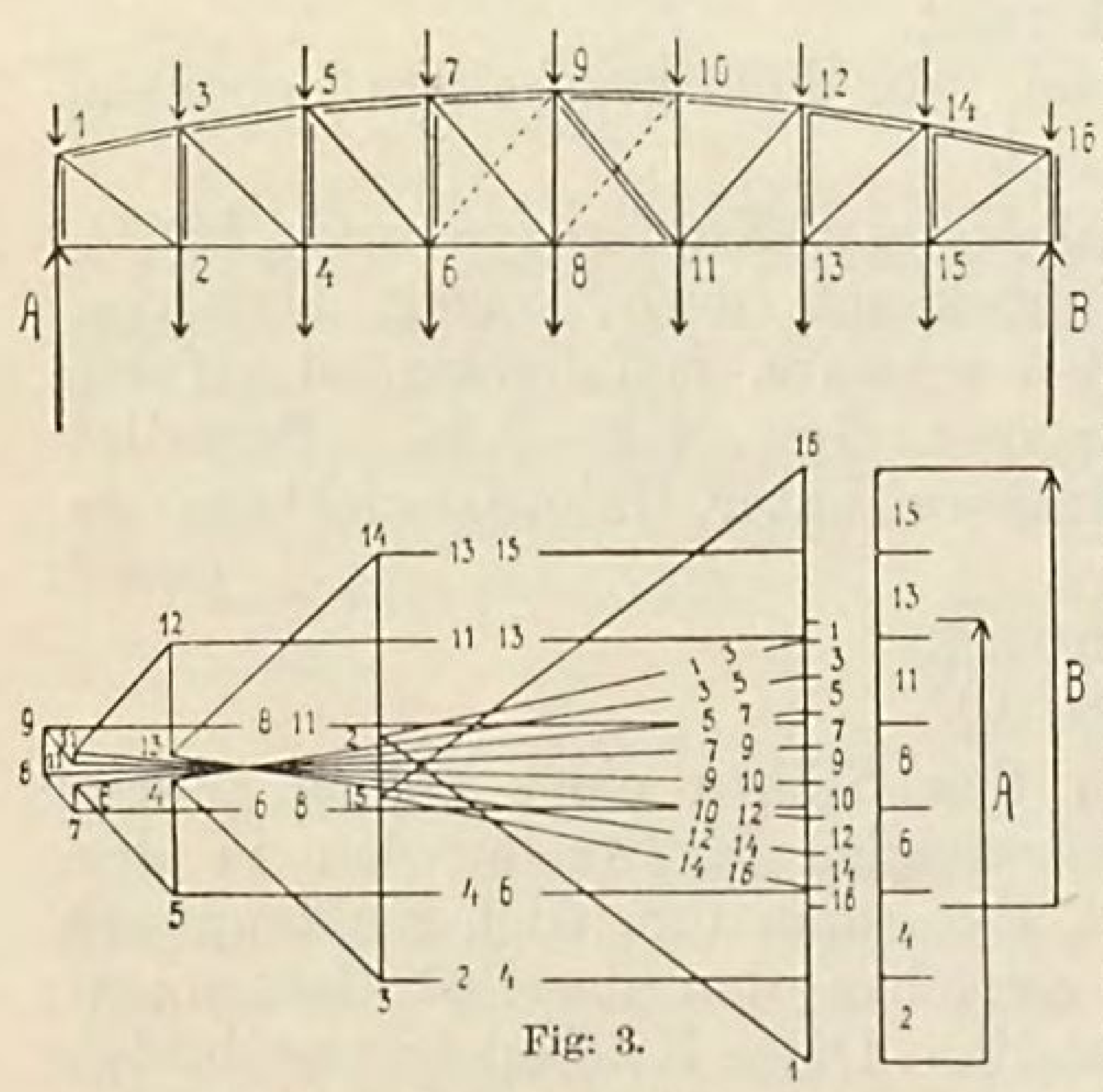


Fig. 3.

Fig. 1 zeigt die Ansicht und den Kräfteplan eines englischen Dachstuhls mit lotrechter Belastung. Die angreifenden Kräfte — die Auflagerdrücke A und B und die 7 Lasten P — stehen zusammen im Gleichgewicht. Man zerlegt zunächst A in die Richtungen der Stäbe 12 und 13. Dann bildet man aus den vier Kräften 12, 23, 24 und P_2 ein geschlossenes Polygon, indem man 12 mit P_2 in Gedanken zusammensetzt und die Mittelkraft parallel zu 23 und 24 zerlegt. Hierauf wird im Knotenpunkte 3 Gleichgewicht hergestellt, dann im Punkte 4 u. s. f., bis man zum Punkte 13 gelangt. Der Symmetrie wegen könnte die zweite Hälfte der Zeichnung wegbleiben. Die Strebenkräfte sind im Kräfteplane durch dieselben Ziffern bezeichnet wie im Dachstuhl; die Gurtungskräfte sind alle von der Linie der P aus zu messen und tragen an ihrem andern Endpunkte die Nummer des ihnen gegenüberliegenden Knotenpunktes. Um zu wissen, ob die Stäbe gedrückt oder gezogen sind, zeichnet man in die einzelnen Kräftepolygone gleichlaufende Pfeile ein, wie es für den Punkt 6 geschehen ist und überträgt diese Pfeile in die Ansichtfigur Dann erkennt man, dass der Stab 65 gezogen, die Stäbe 46, 68 und 67 gedrückt sind. Die gedrückten Stäbe sind der Deutlichkeit wegen mit einem Doppelstrich versehen — Fig. 2 zeigt den Kräfteplan desselben Dachstuhls für Windbelastung. Das linke Auflager sei fest, das rechte ruhe auf Rollen. Zunächst wird die Mittelkraft R der Windkräfte in eine lotrechte Kraft B und eine schiefe Kraft A zerlegt. Dann beginnt man im Punkte 1 mit der Bestimmung der Stabkräfte. A und W_1 werden vereinigt und ihre Mittelkraft nach 12 und 13 zerlegt. Hierauf geht man zu den Punkten 2, 3, 4 u. s. w. über. Im Punkte 8 endigt die Arbeit; die Streben auf der rechten Seite bleiben spannungslos. Als

Probe dient, dass die Linie, die man durch den Punkt 7 im Kräfteplan parallel zum Stabe 8 14 zieht, durch den Trennungspunkt von A und B gehen muss. — Fig. 3 stellt den Kräfteplan eines Halbparabelträgers dar. Hier sind auch die unteren Knotenpunkte belastet. Die in der Ansichtszeichnung punktirten Streben werden als nicht vorhanden angesehen. In dieser Form wird der Kräfteplan zur Ermittelung der grössten und kleinsten Gurtungskräfte und zur Ermittelung der unter dem Eigengewicht auftretenden Strebenkräfte verwendet. Um die grössten und kleinsten Strebenkräfte zu erhalten, hat man noch andere Zeichnungen auszuführen. — (Vergl. Fachwerke, graphische Berechnung.)

Litteratur: L. Cremona, Le figure reciproche nella Statica Grafica, Milano 1872. — Migotti, Die reciproken Figuren in der graphischen Statik, Zeitschr. d. österr. Ing.- u. Arch.-Vereins, 1873, S. 230. — Culmann, Graphische Statik, 2. Aufl., Nr. 82, Zürich 1875, sowie die meisten anderen Werke über graphische Statik. *W. Ritter.*

Cremserweiss, s. Bleiweiss.

Crenularisschichten werden in der Geologie dem oberen oder weissen Jura (Malm) angehörige, meist aus dichten hellgelben Kalkbänken und Mergeln bestehende Schichten genannt, die durch das Vorkommen von fossilen Seeigeln (Hemicidaris crenularis) ausgezeichnet sind. Die Kalksteine werden als Bausteine benützt. *Leppla.*

Crepidoma oder Krepidoma, in der griechischen Baukunst s. v. w. Unterbau; bei dem Tempel bestand derselbe aus drei Stufen.

Crepon, dem Krepp (s. Weberei) ähnliches Gewebe, aber dichter gewebt. Die Kette besteht aus festgedrehtem Kammgarn, der Schuss aus losem Wollgarn. Nach der Appretur wird die Ware kräuselig.

Crescentin, s. Garn.

Cresylit, s. Sprengstoffe.

Crête, s. v. w. Bekrönung, s. Festungsbau.

Cretonnes, bedruckte Baumwollenköper besonderer Art; s. Weberei.

Cribleur (Schwing-Sortirmaschine, Getreide-Reinigungsmaschine) von Josse in Ormesson (Seine et Oise), welche sich besonders zum Ausscheiden ausgewachsener Körner und einiger Unkrautsamen, sowie zum Sortiren von Hafer eignet.

Crimsonlack, Verbindung des Kochenillepigments mit Thonerde; von meist bräunlich-roter Farbe; dient als Malerfarbe und zum Farbendruck; wird nur noch wenig verwendet.

Crin d'Afrique, Crin végétale, s. Polstermaterialien.

Crinolin, Gewebe, bei welchem die Kette aus feinem Baumwollzwirn, der Schuss aus Pferdehaaren besteht. S. Weberei.

Cripper, s. Fahrrad.

Croceïnscharlach, s. Farbstoffe, künstliche organische.

Crochetstich, s. Sticken.

Crocus martiis, s. Eisenrot.

Croisé, ein mit drei- oder vierbindiger Köperbindung aus gewöhnlich feinem Streichgarn hergestelltes, dünnes, meist zu Sommeröcken verwendetes, tuchartiges Gewebe; s. Tuchfabrikation.

Cromptonstuhl, s. Weberei.

Crookes'sche Röhre, s. Geissler'sche Röhre.

Croquis, s. v. w. eine flüchtige Aufnahme oder Skizze, im Deutschen sowohl bei architektonischen als geodätischen Arbeiten gebräuchlich.

Croskillwalze, s. Walze.

Croupon, der gleichmässig dicke, aus Rücken und Schild bestehende Teil der Haut, welcher zur Herstellung von Maschinenriemenleder vor dem Gerbeprozess oft aus der Blösse ausgeschnitten und dann für sich, also ohne den aus Kopf und den abfälligen Seitenteilen bestehenden Abfall, gegerbt wird. *Pässler.*

Crownleder (Kronleder), ein, erstmals nach dem Verfahren von Klemm präparirtes Leder, bei welchem die Blössen durch Einwalken eines Gemisches von Gerstenmehl, Rindsgehirn, ungesalzener Butter, Milch, Klauen- oder Pferdefett und Kochsalz in einem Walkfasse gar gemacht wurden. Die Zusammensetzung der Gare ist später abgeändert worden. Gegenwärtig wird das Crownleder in der Hauptsache mit Hilfe von Weizenmehl, Pferdefett, Talg und Kochsalz hergestellt; es zeichnet sich vor den übrigen Lederarten durch seine

ausserordentliche Zugfestigkeit, sowie durch die Billigkeit der Herstellung aus und wird namentlich zur Fabrikation von Maschinen-, Näh-, Binde- und Schlagriemen verwendet. *Pässler.*

Cryptoporticus, ein von Wänden eingeschlossener, überwölbter, von aussen nicht sichtbarer Porticus.

Cs, chemisches Zeichen für Cäsium.

Cu, chemisches Zeichen für Kupfer.

Cubagranadille, s. Nutzhölzer.

Cubiculum, Loge des Kaisers im Circus oder Amphitheater, aber auch sein Schlafzimmer in seinem Palaste, ausserdem Grabkammer in den Katakomben.

Cudbear, s. Farbstoffe, pflanzliche.

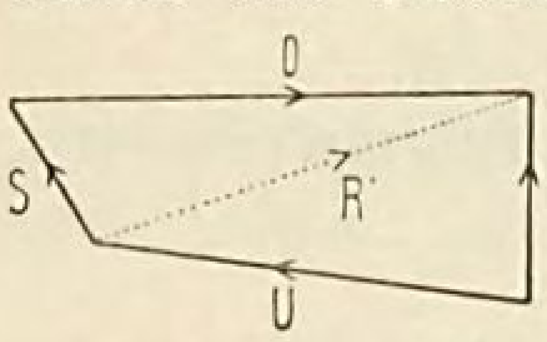
Cünette, s. Cunette.

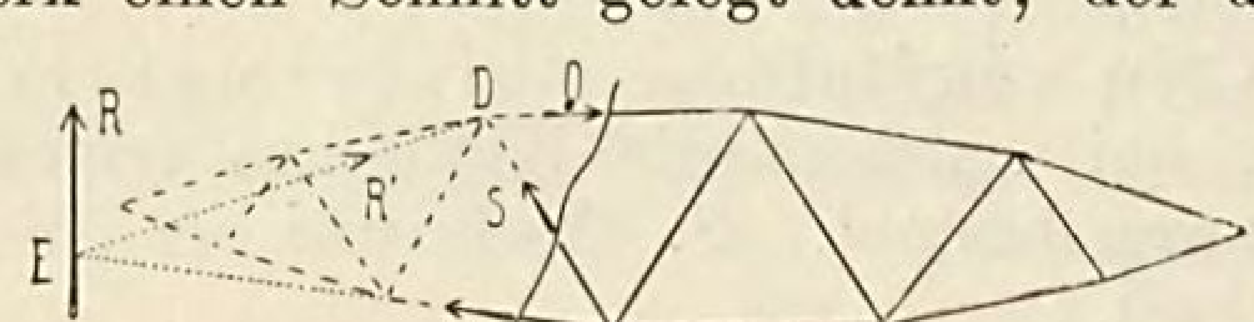
Cuiteseide nennt man die von Bast oder Seidenleim (Sericin) befreite Coemseide. Das Entbasten, Entschälen, Degummiren oder Entleimen wird in kochenden (jedoch nicht wallenden) Lösungen von Marseiller-Seife mit oder ohne geringen Zusatz an Soda vorgenommen. Durch das Entbasten verliert die Seide je nach Herkunft und Qualität 18—30 % von ihrem ursprünglichen Gewicht. Europäische Seidensorten verlieren weit mehr als chinesische und japanische. Entbastete Seide ist glänzender, weicher, geschmeidiger und leichter zu färben als Rohseide oder Soupleseide. Dem Entbasten folgt gewöhnlich noch ein Nachkochen, Weisskochen der Seide in einer zweiten Seifenlauge. Dieses zweite Seifenbad, welches bei für dunkle Nuancen bestimmter Seide umgangen werden kann, ist beim Färben heller Töne und Weiss unumgänglich notwendig. Das Nachkochen in Säcken, welches früher für weisse Seide allgemein üblich war, wird nur noch in einzelnen Fällen ausgeübt. Zum Abkochen nimmt man je nach Qualität der Seide 10—20 kg, zum Nachkochen 5—12 kg Seife pro 1000 l Wasser. *J. B. Weckerlin*

Cuivre blanc, s. v. w. Neusilber.

Culm (Kulm), s. Steinkohlenformation.

Culmanns Verfahren zur graphischen Berechnung der Stabkräfte von ebenen Fachwerken, auch „Schnittverfahren" genannt, besteht darin, dass man durch das Fachwerk einen Schnitt gelegt denkt, der drei Stäbe trifft, hierauf die ausserhalb dieses Schnittes angreifenden Kräfte zusammensetzt und deren Mittelkraft nach den Richtungen der drei geschnittenen Stäbe auf zeichnerischem Wege zerlegt (vergl. Zerlegung der Kräfte). Man bringt zunächst die Mittelkraft R der äusseren Kräfte mit einer der drei Stabrichtungen, beispielsweise mit U zum Schnitt, verbindet den Schnittpunkt E mit dem Schnittpunkt D von O und S, zerlegt R im Punkte E in die Kräfte U und R' und hierauf R' im Punkte D in die Kräfte O und S. Aus der Richtung der Pfeile lässt sich erkennen, ob die Stäbe auf Zug oder auf Druck in Anspruch genommen werden.





Zu denselben Ergebnissen gelangt man, wenn man R mit O oder mit S zum Schnitt bringt und die Zerlegung in diesen Schnittpunkten beginnt. Meistens wird bei der Anwendung des Culmann'schen Verfahrens bloss nach einer der drei Kräfte gefragt; in diesem Falle wählt man den Punkt, in welchem die gesuchte Kraft die gegebene schneidet, als Ausgangspunkt und kommt dann mit einer einzigen Zerlegung aus.

Das Culmann'sche Verfahren leistet bei der graphischen Berechnung der Fachwerke (s. d.) besonders dann gute Dienste, wenn die ungünstigste Belastung von Stab zu Stab wechselt, also vor allem bei der Berechnung der grössten und kleinsten Strebenkräfte.

Litteratur: Culmann, Graphische Statik, 2. Aufl., Nr. 56, Zürich 1875. — Ritter, Anwendungen der graphischen Statik, II. Teil, Nr. 4, Zürich 1890. — Zahlreiche andere Werke über graphische Statik. *W. Ritter.*

Cunette, s. v. w. Abzugsgraben, Kesselgraben, Leitkanal, Wasserrinne.

Cuprit, s. v. w. Rotkupfererz.

Cupron, chemisch reines Kupferoxydul; dient als Grünspanersatz.

Cuprotypie (von cuprum, lat., Kupfer), das Aetzen in gehämmerten Kupferplatten zur Erzeugung von Druckstöcken für den Buchdruck. Man hat diese Bezeichnung auch dem Aetzen von verkupferten Zinkplatten für den gleichen Zweck gegeben, die sich nicht nur dauerhafter als gewöhnliche Zinkplatten, sondern auch, des reineren Korns des Kupfers halber, zweckmässiger für zarte Darstellungen erweisen. *Theod. Goebel.*

Curbsender, s. Telegraph.

Curcuma, s. Farbstoffe, pfanzliche und Butterfarbe.

Curie, römisches Versammlungshaus der Behörden.

Ein solches war in jeder grösseren Stadt, zumeist am Forum, errichtet. Ursprung: Romulus teilte jede der drei Tribus des römischen Volkes in zehn Curien; das Versammlungshaus derselben erhielt obigen Namen. Es war ein viereckiger Raum, zumeist mit Säulenstellungen und Vorhalle, sowie einer Apsis versehen. Auch im Mittelalter wurde der Name besonders in Bezug auf kirchliche Bauten verwendet, z. B. Curia personae ecclesiae oder cura Pfarrwohnung, Curia fratrum, Kapitelhaus etc. *von Schubert-Soldern.*

Curre Ranger, s. Kreisbogenabsteckung.

Curry-Powder, s. Pfeffer.

Curtain-Maschinen, s. Bobbinnet.

Cusir (Nähseide), s. Zwirn.

Cuvelage, aus dem Französischen stammender Ausdruck für den wasserdichten Ausbau eines Schachtes.

Cy, chemisches Zeichen für Cyan.

Cyan, eine aus einem Kohlenstoffatom und einem Stickstoffatom bestehende einwertige Gruppe $—C{\equiv}N$ oder $C{\equiv}N—$, ein organisches Radikal (s. Aethyl), welches sich in vielen Beziehungen den Halogenatomen analog verhält und öfters auch durch das Symbol Cy bezeichnet wird.

In freiem Zustande ist das Cyanradikal nicht existenzfähig; vielmehr besteht das Molekül des freien Cyans aus zwei Cyangruppen: $N{\equiv}C—C{\equiv}N$. Das freie Cyan C_2N_2, ein farbloses, eigentümlich und stechend riechendes Gas, welches leicht zu einer farblosen Flüssigkeit kondensirt werden kann, ist technisch von keiner Bedeutung.

Vom Cyan leitet sich eine grosse Anzahl von Substanzen ab, welche man unter dem Namen Cyanverbindungen zusammenfasst. Davon führen wir an:

1. Cyanwasserstoff oder Blausäure, HCN; 2. die Verbindungen der Kohlenwasserstoffradikale mit der Cyangruppe, welche in zwei isomeren Formen auftreten als Nitrile, z. B. $CH_3.CN$ und als Isonitrile oder Carbylamine, z. B. $CH_3—NC$; 3. die Cyansäure, $CNOH$, und ihre polymere Modifikation, die Cyanursäure, $C_3N_3O_3H_3$. Die Cyansäure bezw. die Cyanursäure ihrerseits ist als die Muttersubstanz folgender Verbindungen zu betrachten: 1. der Cyansäureester, $NCOR$, Isocyansäureester, $CONR$, und der polymeren Modifikationen derselben, der Cyanur- und Isocyanursäureester; 2. der Halogenverbindungen des Cyans, des Chlor-, Brom- und Jodcyans, $CNCl$, $CNBr$, CNJ, welche ebenfalls in polymeren Modifikationen als Cyanurchlorid, $C_3N_3Cl_3$, Cyanurbromid, $C_3N_3Br_3$, und Cyanurjodid, $C_3N_3J_3$, bekannt sind; schliesslich 3. des Cyanamids, $CN(NH_2)$, und dessen polymerer Modifikationen, des Dicyandiamids $(CN.NH_2)_2$, und des Melamins, $C_3H_6N_6$. Analog der Cyansäure ist die Thiocyansäure oder Rhodanwasserstoffsäure, $CNSH$, mit ihren beiden Reihen isomerer Ester, den Alkylrhodaniden, $CNSR$, und den Alkylisothiocyanaten oder Senfölen, $CSNR$ (s. Aethyl- und Allylsenföl). Auch dieser Säure wie ihren isomeren Estern entsprechen polymere Modifikationen: die Sulfocyanursäure, $C_3N_3S_3H_3$, mit den normalen Sulfocyanursäureestern, $C_3N_3(SR)_3$, und wahrscheinlich auch den Sulfoisocyanursäureestern, $C_3S_3(NR)_3$.

Von allen diesen zahlreichen Verbindungen haben nur die Salze der Blausäure und der Rhodanwasserstoffsäure, welche als Cyan- bezw. Rhodanmetalle bezeichnet werden, eine grössere industrielle Verwertung gefunden und sollen daher hier eingehender behandelt werden. Ausführliches über die übrigen oben aufgeführten Substanzen ist unter [1] nachzulesen. Den Ausgangspunkt für die Darstellung der technischen Cyanpräparate bildet das gelbe Blutlaugensalz [2]. Eine weitere wichtige Quelle sind die Rhodansalze, welche sich in dem Gaswasser und in den Laugen finden, die durch Extraktion der Gasreinigungsmasse gewonnen werden (s. weiter unten bei Rhodanammonium). Ueber das Vorkommen von Cyanmetallen in den Hochöfengasen bezw. dem Staube vergl. [3].

1. Cyanmetalle. — a. Cyankalium, KCN, ein farbloses, zerfliessliches Salz von ausserordentlicher Giftigkeit; s. Kaliumcyanid. — b. Cyansilber, $AgCN$, ist ein weisser, käsiger, dem Chlorsilber ähnlicher Niederschlag, unlöslich in Wasser und in verdünnten Säuren; leicht löslich in Ammoniak und in Cyankalium, mit letzterem das leicht lösliche Doppelcyanid $KAg(CN)_2$ bildend,

welches zur Versilberung auf galvanoplastischem Wege verwendet wird. — c. Ferrocyankalium, gelbes Blutlaugensalz, $K_4FeCy_6 + 3\,H_2O$. Ueber seine Eigenschaften, Darstellung und Verwendung s. Blutlaugensalze (Bd. 2, S. 494 u. 495). — d. Ferricyankalium, rotes Blutlaugensalz, K_3FeCy_6, s. Blutlaugensalze (Bd. 2, S. 495 u. 496). Ueber Spekulationen über die Konstitution dieser Salze vergl. [4]. — e. Berliner Blau, Eisencyanurcyanid, Fe_7Cy_{18}, ein prächtig blauer, sehr voluminöser Niederschlag noch unbekannter Konstitution, welcher entsteht, wenn man eine Lösung von gelbem Blutlaugensalz mit einer Lösung eines Eisenoxydsalzes, z. B. Eisenchloridlösung, vermischt. Getrocknet besitzt es einen kupferähnlichen Glanz und Strich; es ist unlöslich in Wasser und verdünnten Säuren und wird durch Alkalien, konzentrirte Säuren, sowie durch Erhitzen zersetzt. Behandelt man es jedoch mehrere Tage mit verdünnter Schwefelsäure, so wird es in Oxalsäurelösung löslich: lösliches Berlinerblau. Zur Erzeugung von Berlinerblau (Pariserblau, Miloriblau, Erlangerblau, Hamburgerblau) wird die grösste Menge des produzirten Ferrocyankaliums verbraucht. Zur Erzielung verschiedener Nuancen und je für den besonderen Zweck, dem der erzeugte Farbstoff dienen soll, sind verschiedene Verfahren in Anwendung und werden wesentlich drei Sorten unterschieden: *a.* Berlinerblau mit Ultramarinton (Stahlblau), *b.* Blau mit tiefem Indigoton und *c.* Blau, dunkelrotstichiges. Wenn man eine Ferrocyankaliumlösung direkt mit einer Eisenoxydsalzlösung fällt, so entsteht sofort Berlinerblau: $3K_4FeCy_6 + 2FeCl_6 = 12KCl + Fe_7Cy_{18}$. Gewöhnlich aber fällt man in der Technik die Lösung des gelben Blutlaugensalzes mit einer Eisenoxydulsalzlösung, z. B. Eisenchlorür oder Eisenvitriol und oxydirt den entstandenen weissen Niederschlag darauf mit Luft, Salpetersäure, Chlor oder anderen Mitteln. — Näheres darüber s. unter [5]. — Das Berlinerblau dient hauptsächlich als Malerfarbe, zum Tapetendruck, für Lithographiedruck, Lederfärberei, weniger in der Färberei für Wolle und Baumwolle und in der Zeugdruckerei. Das nach einem besonderen Verfahren auf Seide erzeugte Blau heisst Bleu Raymond oder Bleu de France. Den helleren und deshalb geringeren Sorten (Mineralblau) sind häufig Schwerspat, Kaolin, Zinkweiss und Magnesia zugesetzt. Entdeckt wurde das Berlinerblau 1704 oder 1707 von Diesbach in Berlin. Wenn eine Lösung von rotem Blutlaugensalz mit einer Eisenvitriollösung gefällt wird, so entsteht ebenfalls ein blauer Niederschlag, Turnbuls Blau, welches die Zusammensetzung $Fe_3Fe_2Cy_{12}$ besitzen, nach neueren Untersuchungen [6] aber lediglich Berlinerblau sein soll. Vergl. auch Cyaneisenfarben. — 2. Rhodanmetalle. — Von diesen werden industriell mehrere verwertet, zu deren Gewinnung, wie bereits erwähnt, das Gaswasser und die Extraktionslaugen der Gasreinigungsmasse dienen [7]. Rhodankalium, $CSNK$, und Rhodanammonium, $CSN(NH_4)$, sind farblose, sehr leicht lösliche Salze, bei deren Auflösung in Wasser sehr starke Temperaturerniedrigung eintritt. Beim Erhitzen geht das Rhodanammonium je nach den Bedingungen in Thioharnstoff oder in Guanidin über. — Kupferrhodanid, $Cu(SCN)_2$, ist ein schwarzer, Kupferrhodanür, $Cu_2(SCN)_2$, ein weisser unlöslicher Niederschlag, Rhodanquecksilber, $Hg(SCN)_2$, ein weisses, schwer lösliches Salz, welches sich beim Erhitzen unter mächtigem Aufblähen zersetzt, eine Erscheinung, die zu der bekannten Spielerei der Pharaoschlangen benützt wird. Die Rhodanmetalle entstehen aus den Cyanmetallen durch direkte Aufnahme von Schwefel, so z. B. Rhodankalium durch Zusammenschmelzen von Cyankalium oder von gelbem Blutlaugensalz und Pottasche mit Schwefel; zur technischen Gewinnung des Rhodanammoniums fällt man die schon mehrfach genannten Laugen mit Kupfervitriol und zerlegt das unlösliche Rhodankupfer durch Aetzbaryt oder Schwefelbaryum. Man gewinnt so eine Lösung von Rhodanbaryum. Diese, wie die Lösung von Rhodanaluminium — durch Wechselwirkung zwischen Rhodanbaryum und Aluminiumsulfat erhalten — werden in der Zeugdruckerei als Beize für Dampffarben verwendet. Aus der Lösung des Rhodanbaryums gewinnt man durch Umsetzung mit Ammoniumsulfat eine Lösung von Rhodanammonium, aus welcher man das Salz durch Kristallisation abscheidet.

Litteratur: [1] Viktor Meyer u. Paul Jacobson, Lehrbuch der org. Chemie, Leipzig 1893, Bd. 1, S. 696 ff.; Beilstein, Handbuch der org. Chemie, Hamburg und Leipzig, 3. Aufl., 1893, Bd. 1, S. 1408—1483 u. 1263—1290. — [2] Vergl. den Artikel Blutlaugensalz; ferner Graham-Otto, Ausführl. Lehrb. der. anorg. Chemie, Braunschweig 1889, Bd. 4, S. 654 ff.; Leybold, Jahresbericht der chem. Technologie 1890, S. 117; Fischer, Handbuch der chem. Technologie, Leipzig 1893, S. 113 ff. u. S. 600 ff.; Kunheim u. Zimmermann, Jahresbericht der chem. Technologie 1884, S. 470. — [3] Fischer, Handbuch etc., S. 201, Anmerkg. 2. — [4] Meyer u. Jacobson, Lehrbuch etc., S. 1004. — [5] Fischer, Handbuch etc., S. 603. — [6] Gintl, Jahresbericht der chem. Technologie 1880, S. 390. — [7] Esop, Chemische Industrie 1892, S. 6. *W. Kerp.*

Cyaneisenfarben, Eisencyanfarben, als Berliner-, Pariser-, Preussischblau im Handel vorkommende Farben, in reinem Zustande aus Ferrocyaneisen bestehend, Turnbulblau aus Ferridcyaneisen, tiefdunkelblau. Fast schwarz mit bronzeartigem Schimmer in der Masse, sind sie, in dünnen Schichten mit Wasser aufgestrichen, blau oder grünlichblau, lasirend, an der Luft sich nach und nach entfärbend; damit bedruckte Stoffe verblassen unter dem Einfluss des Lichtes, nehmen aber im Dunkeln wieder eine tiefe Färbung an. Beim Glühen gehen sie in braune Farben über. Ueber ihre Darstellung s. d. Art. Cyan. *Andés.*

Cyanit, eine angeblich feuerfeste Anstrichfarbe, ist rohes Wasserglas mit einem Farbkörper gemischt.

Cyanit, s. Disthen.

Cyankalium, s. v. w. Kaliumcyanid (s. d.).

Cyanmetalle, s. unter Cyan.

Cyanotypie, s. Photographie.

Cyansilber, s. unter Cyan.

Cyanwasserstoff, s. Blausäure.

Cyklide nennt man die Hüllfläche einer Schar von Kugeln, welche eine gegebene Kugel senkrecht schneiden und ihre Mittelpunkte auf einer gegebenen Fläche zweiten Grades haben. Als Dupin'sche werden die Cykliden mit vier Doppelpunkten (von denen stets zwei imaginär sind) bezeichnet. Eine solche kann als Hüllfläche einer Schar von Kugeln betrachtet werden, welche zwei gegebene Kugeln berühren, während ihre Mittelpunkte in einer gegebenen Ebene liegen; es erfüllen diese Mittelpunkte einen Kegelschnitt. Die Gesamtheit der Kugeln, welche drei gegebene Kugeln berühren, lässt sich in vier Scharen teilen, von denen jede eine Dupin'sche Cyklide zur Hüllfläche hat. Die Cykliden sind Flächen vierter Ordnung mit einem in dem unendlich fernen imaginären Kugelkreis bestehenden Doppelkegelschnitt.

Litteratur: G. Salmon u. W. Fiedler, Analytische Geometrie des Raumes, 2. Teil, 3. Aufl., Leipzig 1880, Art. 340—353, woselbst weitere Litteraturangaben. *Mehmke.*

Cyklische Kurven. Rollt in Fig. 1 und 2 ein Kreis p an einem festen Kreise π, dann beschreibt ein mit dem rollenden Kreise p verbundener Punkt A eine cyklische Kurve, die mit α bezeichnet ist. Bei diesem Bewegungsvorgang dreht sich die Verbindungsstrecke ΦF der Kreismittelpunkte Φ, F um den festen Kreismittelpunkt Φ, ferner dreht sich die Strecke FA in Bezug auf ΦF um den bewegten Kreismittelpunkt F, und diese beiden Drehungen stehen in dem konstanten Verhältnis der Kreisradien $\Phi\mathfrak{P}$, $F\mathfrak{P}$. Eine unendlich kleine Bewegung der Strecke FA in Bezug auf den festen Kreis π kann angesehen werden als eine unendlich kleine Drehung um den Berührungspunkt $\mathfrak{P}$ der Kreise p, π (s. d. Art. Kinematik)

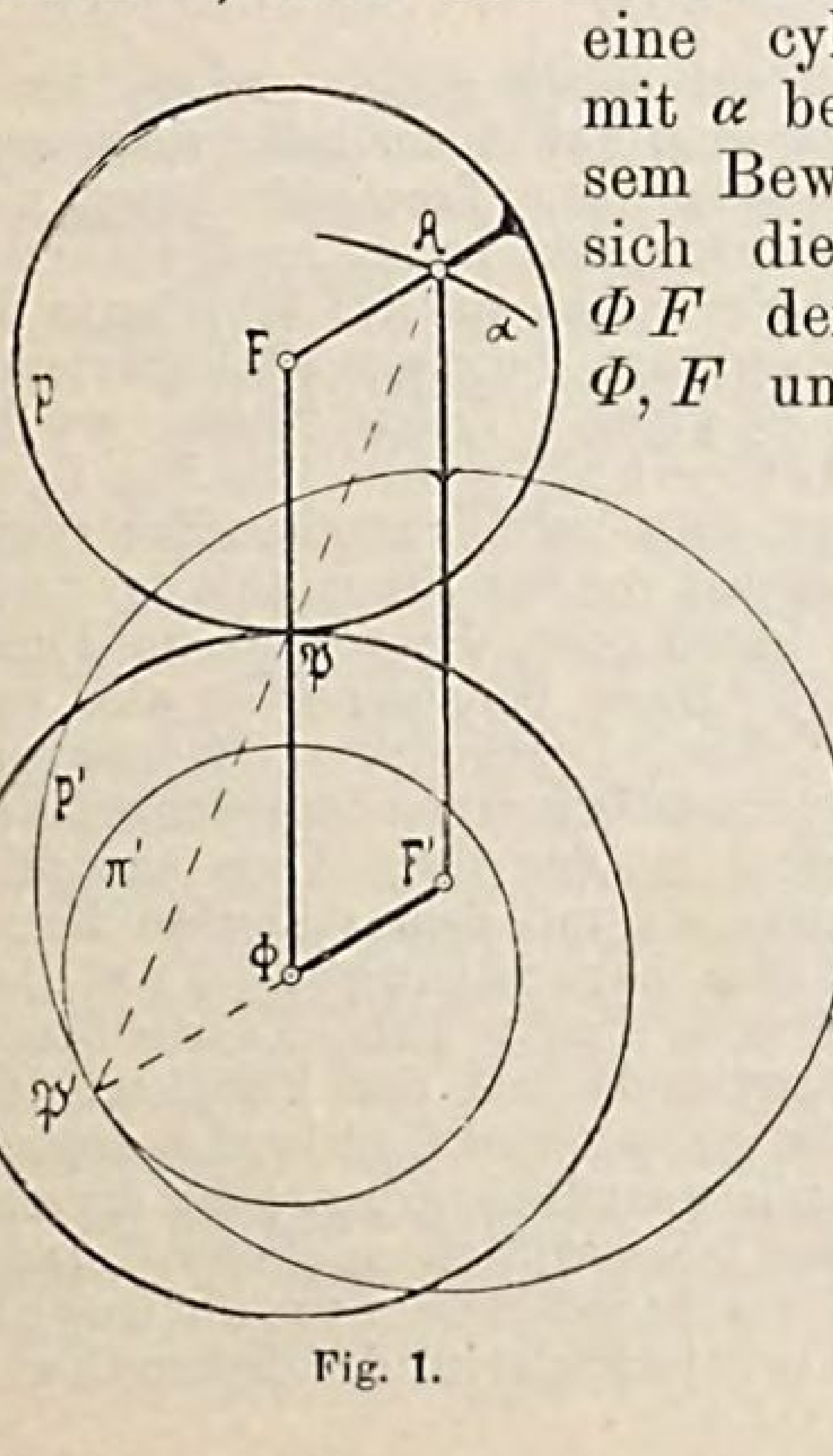


Fig. 1.

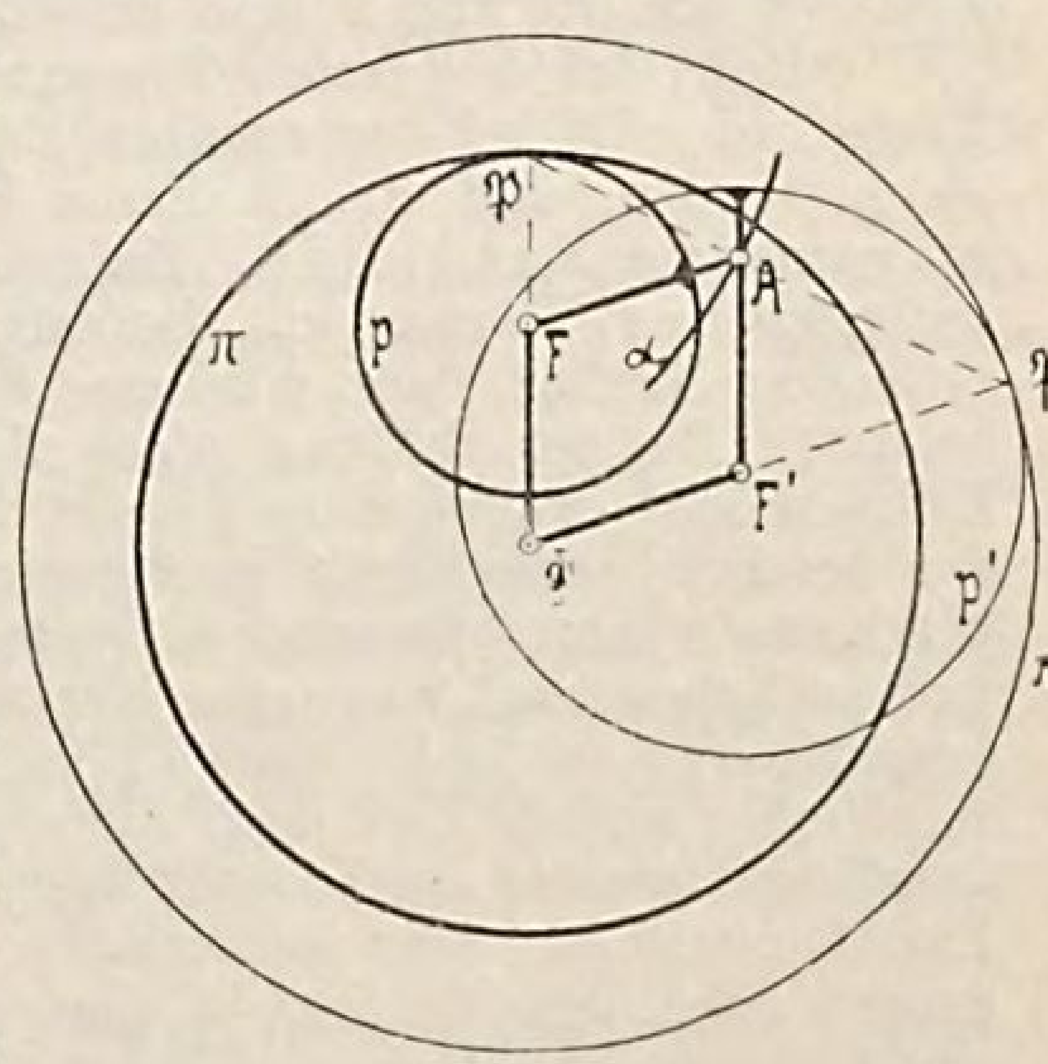


Fig. 2.

und die Normale im Punkt A an der cyklischen Kurve α ist die Gerade $A\mathfrak{P}$. Konstruiren wir das Parallelogramm $\Phi F A F'$, dessen Seiten unveränderlich, dessen Winkel aber während der Bewegung veränderlich sind, so bewegt sich der Eckpunkt F' auf einem Kreise um Φ, und bezeichnen wir mit $\mathfrak{P}'$ den Schnittpunkt der Geraden $A\mathfrak{P}$, $\Phi F'$, so kann eine unendlich kleine Bewegung der Parallelogrammseite AF' in Bezug auf die feste Kreisebene als eine unendlich kleine Drehung um den Punkt $\mathfrak{P}'$ betrachtet werden. Wegen der ähnlichen Dreiecke $\mathfrak{P}FA$, $\mathfrak{P}\Phi\mathfrak{P}'$ ist

$$\Phi\mathfrak{P}' = \frac{FA}{F\mathfrak{P}}\Phi\mathfrak{P},$$

demnach ist die Strecke $\Phi\mathfrak{P}'$ konstant. Für alle Lagen der Parallelogrammseite AF' liegt also der Punkt $\mathfrak{P}'$ in der festen Kreisebene auf dem um Φ mit dem Radius $\Phi\mathfrak{P}'$ beschriebenen Kreise π', und ferner liegt der Punkt $\mathfrak{P}'$ in Bezug auf die bewegte Parallelogrammseite AF' auf einem um F' mit der Radius $F'\mathfrak{P}'$ beschriebenen Kreise p', den wir uns mit AF' verbunden denken [1]. Während der Bewegung rollt demnach der Kreis p' an dem festen Kreise π' und hieraus folgt die von Bellermann [2] zuerst mitgeteilte, zweifache Erzeugung der cyklischen Kurve. Eine cyklische Kurve α wird erstens von dem mit dem Kreise p verbundenen Punkt A durch Rollen des Kreises p an dem festen Kreise π beschrieben, und zweitens von dem mit dem Kreise p' verbundenen Punkt A durch Rollen des Kreises p' an dem festen Kreise π'. Befindet sich der beschreibende Punkt A auf der Peripherie des Kreises p, dann liegt auch der Punkt A auf der Peripherie des Kreises p' und die beiden festen konzentrischen Kreise π, π' fallen zusammen. Für diesen speziellen Fall wurde die doppelte Erzeugung zuerst von De la Hire [3] und später von Euler [4] mitgeteilt.

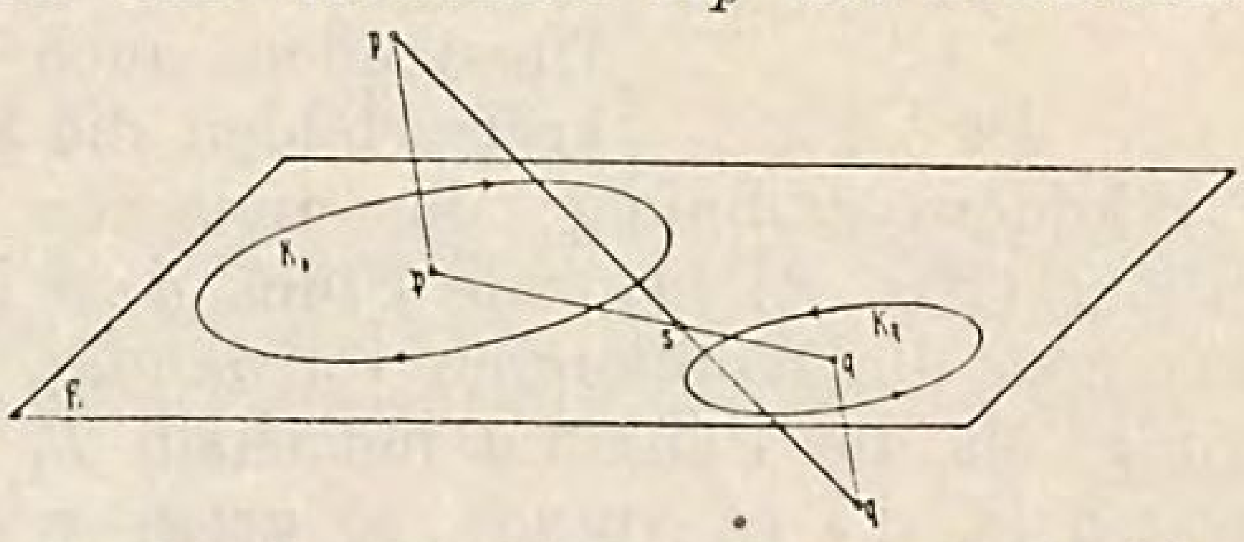
Die cyklischen Kurven werden Trochoiden genannt, wenn der feste und der rollende Kreis von endlicher Grösse sind. Man unterscheidet Epitrochoiden und Hypotrochoiden, je nachdem der rollende Kreis, mit dem der beschreibende Punkt verbunden ist, auf dem festen Kreise oder in demselben rollt. In Fig. 1 ist demnach die cyklische Kurve α eine Epitrochoide, in Fig. 2 eine Hypotrochoide. Liegt insbesondere der beschreibende Punkt auf der Peripherie des rollenden Kreises, dann werden die cyklischen Kurven resp. Epicykloiden oder Hypocykloiden genannt. Dieselben besitzen Rückkehrpunkte oder Spitzen, die gegen den festen Kreis stossen, und heissen deshalb auch gemeinsam gespitzte Trochoiden. — Weiter unterscheidet man erstens verschlungene Trochoiden, wenn der beschreibende Punkt A und der feste Kreismittelpunkt Φ beide innerhalb oder beide ausserhalb des rollenden Kreises liegen; zweitens gestreckte (auch geschweifte und gedehnte) Trochoide, wenn sich der eine dieser Punkte innerhalb und der andere ausserhalb des rollenden Kreises befindet [5]. Denn wenn bei der einen Erzeugung diese beiden Punkte innerhalb des rollenden Kreises sich befinden, so liegen sie bei der andern beide ausserhalb desselben; oder wenn bei der einen Erzeugung der eine innerhalb, der andere ausserhalb des rollenden Kreises sich befindet, so tritt dies auch bei der andern Erzeugung ein. Die Trochoide α in Fig. 1 ist demnach eine gestreckte Epitrochoide, in Fig. 2 eine verschlungene Hypotrochoide.

Rollt bei der ersten Erzeugung insbesondere ein Kreis auf einem gleich grossen festen Kreise, so rollt bei der zweiten Erzeugung ein Kreis umschliessend auf einem halb so grossen festen Kreise, und die in diesen Fällen von einem Punkt beschriebene Trochoide heisst eine allgemeine Kardioide, die eine verschlungene oder gestreckte sein kann, auch Pascal'sche Kurve, Limaçon. Befindet sich aber der beschreibende Punkt auf der Peripherie des rollenden Kreises, dann wird eine Kardioide, Herzkurve, erzeugt, die einen Rückkehrpunkt besitzt. Bei der Rollung eines Kreises in einem doppelt so grossen festen Kreise werden Ellipsen und insbesondere gerade Strecken erzeugt (s. Cardanische Kreise). In Fig. 1, wo der beschreibende Punkt eine gestreckte Epitrochoide erzeugt, rollt bei der zweiten Erzeugung der Kreis p' umschliessend auf dem festen Kreise π'; und man hat vor der Erkenntnis der zweifachen Erzeugung, wenn ein Kreis umschliessend auf einem festen rollt, die von einem Punkt beschriebene cyklische Kurve eine „Pericykloide" genannt [5]. Diese Benennung ist also verwerflich. Ferner sind auch die noch bisher gebräuchlichen, falsch begründeten Benennungen „verlängerte" oder „verkürzte" Epicykloide oder Hypocykloide verwerflich, wenn der beschreibende Punkt innerhalb oder ausserhalb des rollenden Kreises liegt. Ist der feste Kreis unendlich gross, geht derselbe also in eine Gerade über, dann beschreibt ein mit dem rollenden Kreise verbundener Punkt eine allgemeine Cykloide. Diese ist eine verschlungene Cykloide oder eine gestreckte Cykloide, je nachdem der beschreibende Punkt sich ausserhalb oder innerhalb des rollenden Kreises befindet. Liegt der beschreibende auf der Peripherie des rollenden Kreises, dann wird die gemeine Cykloide oder gespitzte Cykloide erzeugt, die auch kurz Cykloide genannt wird. Ist der rollende Kreis unendlich gross, geht derselbe also in eine Gerade über, die auf dem festen Kreise rollt, dann beschreibt ein an dieser Geraden befestigter Punkt eine allgemeine Kreisevolvente. Diese heisst eine verschlungene Kreisevolvente oder eine gestreckte Kreisevolvente, je nachdem der beschreibende

Punkt auf der Berührungsseite oder auf der andern Seite der rollenden Geraden liegt. Als gemeine oder gespitzte Kreisevolvente wird sie bezeichnet, wenn der beschreibende Punkt sich auf dieser Geraden befindet. Die cyklischen Kurven kommen schon im Ptolemäischen Planetensystem vor. Ihre Erzeugung durch Rollung und Anwendung auf die Verzahnung der Räder (s. d.) soll von Desargues (1598—1662) und ferner von Olaf Römer (1674) [8] stammen.

Litteratur: [1] Burmester, Lehrbuch der Kinematik, Leipzig 1888, Bd. 1, S. 134. — [2] G. Bellermann, Epicyloiden und Hypocyloiden, Berlin 1867. — [3] Mémoires de l'Académie, Paris 1694, Teil 9, S. 390. — [4] Acta Petropolitanae, An. 1781, Pars I: „De duplici genesi tam epicycloidum, quam hypocycloidum". — [5] Vergl. Chr. Wiener in der Zeitschrift für Mathematik und Physik, 1881, Bd. 26, S. 257. — [6] Weissenborn, Die cyklischen Kurven, Eisenach 1856, S. 3. — [7] Poudra, Oeuvres de Desargues, Paris 1864, Teil 1, S. 30. — [8] Miscellanea Berolin., Teil 1, S. 315. *Burmester.*

Cyklographie, Methode der Abbildung räumlicher Gegenstände auf die Ebene. Während bei der Abbildung durch Projektion jedem Punkte des Raumes in der Bildebene stets wieder ein Punkt entspricht, der auf Grund des jeweiligen Projektionsverfahrens bestimmt werden kann, ersetzt man bei der cyklographischen Methode jeden Punkt p des Raumes durch eine Kreislinie K_p der Bildebene (s. Fig.). Der Mittelpunkt 𝔭 dieser Kreislinie liegt im Fusspunkte der von dem Raumpunkte p auf die Bildebene gefällten Normalen, während der Kreishalbmesser gleich ist der Länge p𝔭 dieser Normalen, gemessen vom Raumpunkte bis zu ihrem Fusspunkte in der Bildebene. Zwei



Punkte p und q des Raumes werden cyklographisch abgebildet durch die beiden Kreise K_p und K_q mit den Mittelpunkten 𝔭 und 𝔮 und den Halbmessern p𝔭 und q𝔮. Legt man allen Kreisen, welche Punkten entsprechen, die auf der nämlichen Seite der Bildebene liegen, einen bestimmten Drehsinn, angedeutet durch eine Pfeilspitze, bei, so werden Punkte auf verschiedenen Seiten der Bildebene durch Kreise mit entgegengesetztem Drehsinn, wie K_p und K_q dargestellt sein. Der Verbindungslinie pq entspricht in der Bildebene eine Kreisreihe, deren Mittelpunkte auf der Linie 𝔭𝔮 der Fusspunkte aller Normalen liegen, welche von den Punkten der Linie pq auf die Bildebene gefällt werden können. Unter den Kreisen der Reihe ist ein Kreis mit dem Halbmesser gleich Null; er entspricht dem Schnittpunkt s der Geraden pq mit der Bildebene und ist der äussere oder innere Aehnlichkeitspunkt der Kreise K_p und K_q, je nachdem die Punkte p und q auf der gleichen Seite oder auf verschiedenen Seiten der Bildebene sich befinden. Es ist klar, dass umgekehrt jeder Kreislinie der Bildebene ein Punkt von ganz bestimmter Lage im Raume entspricht, welch letztere stets ermittelt werden kann, sobald der Drehsinn des Bildkreises festgestellt ist. — Während bei der Abbildung durch Projektion die projektivischen Verwandtschaften in Betracht kommen, bildet die cyklographische Abbildungsmethode die Grundlage zur Feststellung der metrischen Verwandtschaften zwischen den Raumgrössen.

Litteratur: [1] Fiedler, Die Methoden der darstellenden und projektiven Geometrie, Leipzig 1883. — [2] Ders., Die Methoden der Cyklographie, Leipzig 1882. *Vonderlinn.*

Cykloiden, s. Cyklische Kurven.

Cykloidenverzahnung, ist anzuwenden für Räder, die sich genau auf Berührung der Teilkreise montiren und dauernd so erhalten lassen. Sie arbeitet mit etwas geringerem Reibungsverlust als Evolventenverzahnung und drängt die Räder und Wellen weniger aus einander, weil die Kraftrichtung besser in die tangentiale Richtung fällt als bei Evolventen; sie ist aber etwas schwieriger in Herstellung und Einbau (vergl. Evolventenverzahnung). Bezüglich der Berechnung s. Zahnstärke.

Zur Konstruktion cyklischer Zahnkurven benützt man die in Fig. 1 angegebene Weise. Auf dem Teilkreise T des zu verzahnenden Rades rollt ausserhalb der Rollkreis ϱ_1, wobei sein Punkt o die epicykloidische Kopfkurve ok beschreibt, und innerhalb der Rollkreis ϱ_2, dessen Punkt o die hypocykloidische Fusskurve of ergibt: Man teile von o aus die Kreise in gleiche Strecken, wozu das Abtragen gleicher, beliebig, aber nicht zu gross gewählter Strecken 01,12 ... oI, III... mit dem Spitzzirkel genügt, schlage mit der abzustechenden Sehne 02

von II aus, mit 03 von III u. s. w. Bogen; deren Umhüllungslinie, mit Kurvenlineal und scharfem Bleistift gezogen, ist die gesuchte Zahnkurve. Hat man sie mit roher Annäherung mehrmals am Rade nachzuzeichnen, so sucht man durch Probiren mit dem Zirkel möglichst passende Kreisbogen. Ein anderes Rad von gleicher Zahnteilung erhält mit dem vorigen richtig arbeitende Zahnkurven, wenn auf seinem Teilkreise dieselben Rollkreise zur Konstruktion der Kurven benützt werden, bei Aussenverzahnung jedoch ϱ_1 innerhalb, ϱ_2 ausserhalb des Teilkreises (s. Satzräder). Gewöhnlich nimmt man beide Rollkreise gleich gross und zwar $\varrho_1 = \varrho_2 = {}^7/_8\, t = 2{,}75 \frac{t}{\pi}$ (unter Umständen auch grösser). Die Rollkreise bilden die Eingriffslinie (s. d.) der Cykloidenverzahnung; das zwischen den Kopfkreisen K_1 und K_2 der beiden Räder (Fig. 2) liegende Stück acb ist die Eingriffsstrecke. Längs dieser kommen die Kopfkurven vollständig, die Fusskurven aber nur so weit zur Wirkung, als die Punkte a innerhalb T_1 und b innerhalb T_2 liegen. Der Eingriffsbogen (s. d.) ist gerade so gross wie die Linie acb; diese muss also grösser als die Teilung sein. Wenn die Rückseiten der Zähne mit einander arbeiteten, wäre die Figur, insbesondere die Eingriffsstrecke, symmetrisch zur Zentrale umzulegen. — Bei der Verzahnung von Zahnstangen rollen die Rollkreise auf der geradlinigen Teillinie.

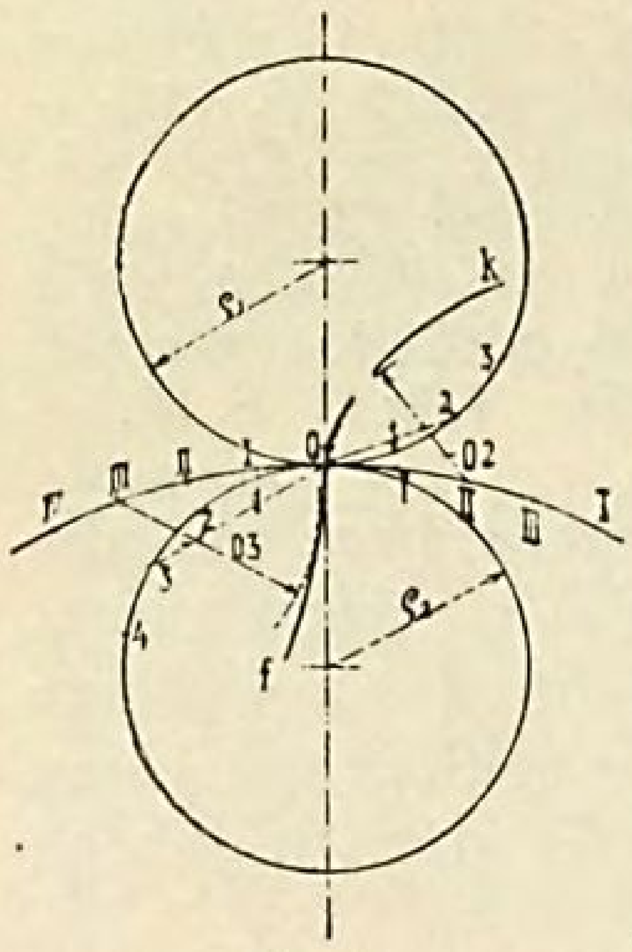


Fig. 1.

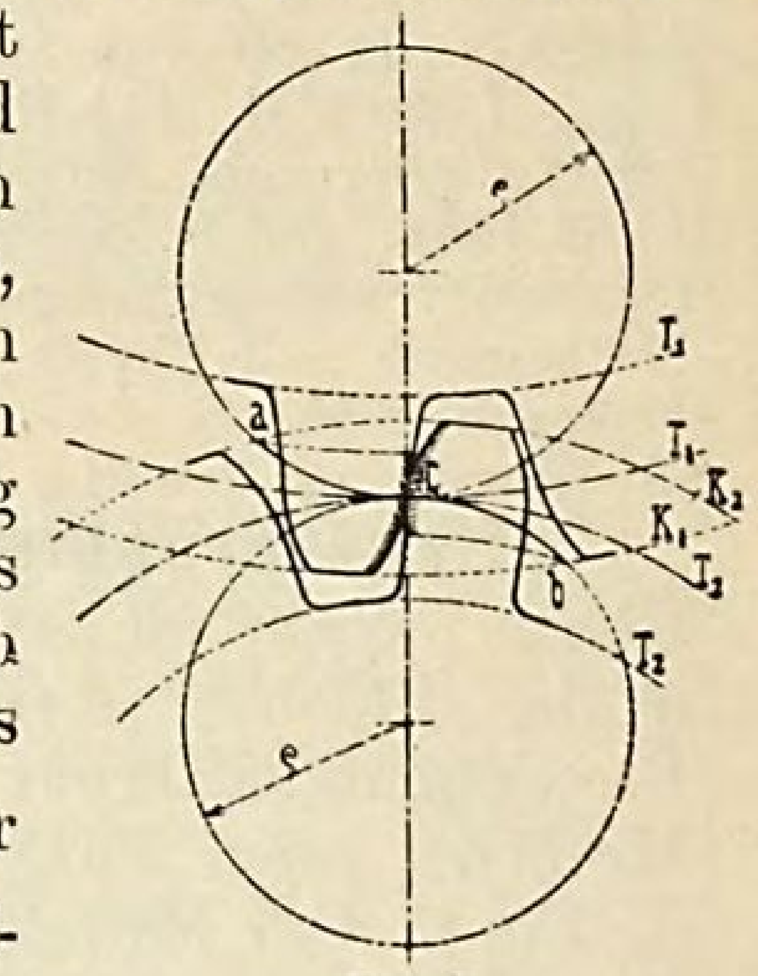


Fig. 2.

Für Räder mit innerer Verzahnung erhält man bei derselben Behandlung die Kopfkurve innerhalb, die Fusskurve ausserhalb des Teilkreises. Wählt man den Rollkreis halb so gross als den Teilkreis $\varrho = \frac{1}{2} R$, so wird der Zahnfuss geradlinig radial. Dieser Fall tritt für $\varrho = {}^7/_8\, t$ ein, wenn das Rad 11 Zähne hat. Räder mit noch weniger Zähnen erhalten „unterschnittene" Zahnfüsse und müssen durch Seitenränder, Bordscheiben, verstärkt werden. *Lindner.*

Cyklometrie ist die Lehre von den cyklometrischen Funktionen, nämlich arc sin x, arc cos x u. s. w. Im folgenden bedeutet arc sin x, arc tg x, arc ctg x denjenigen zwischen $-\frac{\pi}{2}$ und $+\frac{\pi}{2}$ liegenden, arc cos x denjenigen zwischen o und π liegenden Bogen in einem Kreis mit dem Halbmesser Eins, dessen zugehöriger sin bezw. tg, ctg, cos den Wert x hat.

Bezeichnet ((arc sin x)), ((arc cos x)) u. s. w. einen beliebigen der Bögen, deren sin bezw. cos u. s. w. gleich x ist, so sind diese Funktionen unendlich vieldeutig und zwar hat man

$$((\operatorname{arc}\sin x)) = \frac{\pi}{2} \mp \left(\frac{\pi}{2} - \operatorname{arc}\sin x\right) \pm 2k\pi, \qquad ((\operatorname{arc}\operatorname{tg} x)) = \operatorname{arc}\operatorname{tg} x \pm k\pi,$$

$$((\operatorname{arc}\cos x)) = \pm \operatorname{arc}\cos x \pm 2k\pi, \qquad ((\operatorname{arc}\operatorname{ctg} x)) = \operatorname{arc}\operatorname{ctg} x \pm k\pi,$$

wo k jede beliebige ganze Zahl einschliesslich Null sein kann. Es ist

$$\operatorname{arc}\sin(-x) = -\operatorname{arc}\sin x, \qquad \operatorname{arc}\operatorname{tg}(-x) = -\operatorname{arc}\operatorname{tg} x,$$

$$\operatorname{arc}\cos(-x) = \pi - \operatorname{arc}\cos x, \qquad \operatorname{arc}\operatorname{ctg}(-x) = -\operatorname{arc}\operatorname{ctg} x,$$

ferner, wenn die Quadratwurzeln positiv genommen werden:

$$\operatorname{arc}\sin x = \frac{x}{2} - \operatorname{arc}\cos x = \operatorname{arc}\cos\sqrt{1-x^2}, \quad (x > o), \quad = -\operatorname{arc}\cos\sqrt{1-x^2}, \quad (x < o),$$

$$= \operatorname{arc}\operatorname{tg}\frac{x}{\sqrt{1-x^2}} = \operatorname{arc}\operatorname{ctg}\frac{\sqrt{1-x^2}}{x};$$

$$\operatorname{arc}\cos x = \frac{\pi}{2} - \operatorname{arc}\sin x = \operatorname{arc}\sin\sqrt{1-x^2}, \quad (x > o), \quad = \pi - \operatorname{arc}\sin\sqrt{1-x^2}, \quad (x < o),$$

$$= \operatorname{arc}\operatorname{tg}\frac{\sqrt{1-x^2}}{x}, \quad (x > o), \quad = \pi + \operatorname{arc}\operatorname{tg}\frac{\sqrt{1-x^2}}{x}, \quad (x < o),$$

$$= \operatorname{arc}\operatorname{ctg}\frac{x}{\sqrt{1-x^2}}, \quad (x > o), \quad = \pi + \operatorname{arc}\operatorname{ctg}\frac{x}{\sqrt{1-x^2}}, \quad (x > o);$$

$$\operatorname{arc}\operatorname{tg} x = \frac{\pi}{2} - \operatorname{arc}\operatorname{ctg} x = \operatorname{arc}\operatorname{ctg}\frac{1}{x} = \operatorname{arc}\sin\frac{x}{\sqrt{1+x^2}} = \operatorname{arc}\cos\frac{1}{\sqrt{1+x^2}}, \quad (x > o),$$

$$= -\operatorname{arc}\cos\frac{1}{\sqrt{1+x^2}}, \quad (x < o);$$

$$\operatorname{arc\,ctg} x = \frac{x}{2} - \operatorname{arc\,tg} x = \operatorname{arc\,tg} \frac{1}{x} = \operatorname{arc\,cos} \frac{x}{\sqrt{1+x^2}}, \quad (x > o),$$

$$= \operatorname{arc\,cos} \frac{x}{\sqrt{1+x^2}} - \pi, \quad (x < o), \quad = \operatorname{arc\,sin} \frac{1}{\sqrt{1+x_2}}$$

Für positive Werte von x und y wird $\operatorname{arc\,sin} x - \operatorname{arc\,sin} y = \operatorname{arc\,sin}\left(x\sqrt{1-y^2} - y\sqrt{1-x^2}\right)$;

$$\operatorname{arc\,sin} x + \operatorname{arc\,sin} y = \operatorname{arc\,sin}\left(x\sqrt{1-y^2} + y\sqrt{1-x^2}\right), \text{ wenn } x^2+y^2 \leqq 1; \text{ dagegen}$$

$$\operatorname{arc\,sin} x + \operatorname{arc\,sin} y = \pi - \operatorname{arc\,sin}\left(x\sqrt{1-y^2} + y\sqrt{1-x^2}\right), \text{ wenn } x^2+y^2 \geqq 1;$$

$$\operatorname{arc\,cos} x \mp \operatorname{arc\,cos} y = \operatorname{arc\,cos}\left(xy \pm \sqrt{1-x^2}\sqrt{1-y^2}\right);$$

$$\operatorname{arc\,tg} x - \operatorname{arc\,tg} y = \operatorname{arc\,tg} \frac{x-y}{1+xy}; \operatorname{arc\,tg} x + \operatorname{arc\,tg} y = \operatorname{arc\,tg} \frac{x+y}{1-xy}, \text{ wenn } xy \leqq 1; \text{ dagegen}$$

$$\operatorname{arc\,tg} x + \operatorname{arc\,tg} y = \pi - \operatorname{arc\,tg} \frac{x+y}{xy-1}, \quad \text{wenn } xy > 1$$

Schliesslich gelten noch die Reihenentwicklungen:

$$\operatorname{arc\,sin} x = \frac{x}{1} + \frac{1}{2}\,\frac{x^3}{3} + \frac{1.3}{2.4}\,\frac{x^5}{5} + \frac{1.3.5}{2.4.6}\,\frac{x^7}{7} + \ldots, \qquad -1 \leqq x \leqq +1;$$

$$\operatorname{arc\,tg} x = x - \frac{1}{3}x^3 + \frac{1}{5}x^5 - \frac{1}{7}x^7 + \ldots; \qquad -1 \leqq x \leqq +1;$$

$$\operatorname{arc\,tg} x = \frac{\pi}{2} - \frac{1}{x} + \frac{1}{3}\left(\frac{1}{x}\right)^3 - \frac{1}{5}\left(\frac{1}{x}\right)^5 + \ldots, \qquad -1 \leqq \frac{1}{x} \leqq +1.$$

Mehmke.

Cyklon, ein namentlich in der Müllerei vielfach gebrauchter Staubfänger nach D. R. P. 39219 (The Knickerbocker Company, Jackson, Michigan, U. St. A., in Deutschland vertreten durch die König Friedrich August-Hütte in Potschappel). Vergl. Art. Staubfänger. *Arndt.*

Cyklonen, s. Barometrische Maxima und Minima.

Cyklopenmauerwerk, ein aus grossen, unregelmässigen, möglichst an einander passenden Steinblöcken hergestelltes Mauerwerk, bei welchem die Aussenfugen mit entsprechend abgetöntem Mörtel ausgefugt werden. S. auch Bruchsteinmauerwerk. *L. von Willmann.*

Cylinder. Bei parallelen Endflächen und beliebig gestalteter Grundfläche ist der Kubikinhalt gleich Grundfläche mal Höhe. Kreiscylinder mit parallelen Endflächen (r = Halbmesser der Grundfläche, h = Höhe): Inhalt $= \pi r^2 h$, Mantelfläche $= 2\pi r h$, gesamte Oberfläche $= 2\pi r(r+h)$. Schief abgeschnittener Kreiscylinder (r = Halbmesser der Grundfläche, h_1 = kürzeste Mantellinie, h_2 = längste Mantellinie): Inhalt $= \pi r^2 \frac{h_1+h_2}{2}$, Mantelfläche $= \pi r(h_1+h_2)$. *Mehmke.*

Cylinder, eine in der Müllerei gebrauchte Sichtvorrichtung, die sich durch ein prismatisches, mit Gaze bespanntes Gestell kennzeichnet, das langsam um eine wagrechte Axe umläuft (s. Sichterei).

Cylinder, Hauptbestandstück der Cylinderhemmung, s. Uhren.

Cylinder (Prisma), Bestandteil des Jacquardgetriebes; s. Weberei.

Cylinderbälge, s. Blasebälge.

Cylinderbohrmaschinen. Die für Dampfmaschinen, Pumpen, Gebläse etc. erforderlichen Cylinder, im Guss schon als Hohlkörper hergestellt, werden im Innern durch Cylinderbohrmaschinen möglichst genau cylindrisch bearbeitet. Der auszubohrende Cylinder wird fest gelagert und, im Gegensatz zu der Drehbank, an der Drehung verhindert, welche vielmehr einer starken, in der Axe des Cylinders gelagerten Welle, der Bohrstange mitgeteilt wird. Diese Bohrstange trägt einen scheibenförmigen, ringsum mit Messern oder Sticheln versehenen Bohrkopf, welcher an der gleichmässigen Umdrehung der Bohrstange teilnimmt und gleichzeitig nach der Axenrichtung langsam verschoben wird. Infolge dieser beiden Bewegungen bearbeiten die am Umfange des Bohrkopfes angebrachten Messer die Innenfläche des Werkstückes genau cylindrisch. Man kann hierbei den gedachten Bohrkopf mit der Bohrstange unwandelbar fest verbinden, in welchem Falle die Bohrstange selbst durch ihre Lager hindurchgeschoben werden muss; in der Regel pflegt man jedoch nur den Bohrkopf auf der Bohrstange zu verschieben, während die letztere an einer axialen Verschiebung verhindert wird. Bei dieser letzteren Anordnung wird die Maschine wesentlich kürzer als bei der ersteren. Die betreffende axiale Verschiebung wird immer durch eine Schraubenspindel hervorgebracht, welche mit einer von derjenigen der Bohrstange etwas abweichenden Geschwindigkeit umgedreht wird,

so dass aus der Differenz dieser beiden Umdrehungen die Verschiebung des Bohrkopfes folgt. — In der Regel bohrt man die grösseren Cylinder stehend, die kleineren liegend aus; manchmal werden auch die Cylinder in einer mit ihrer späteren übereinstimmenden Lage ausgebohrt, also diejenigen stehender Dampfmaschinen stehend und die für liegende Maschinen liegend.

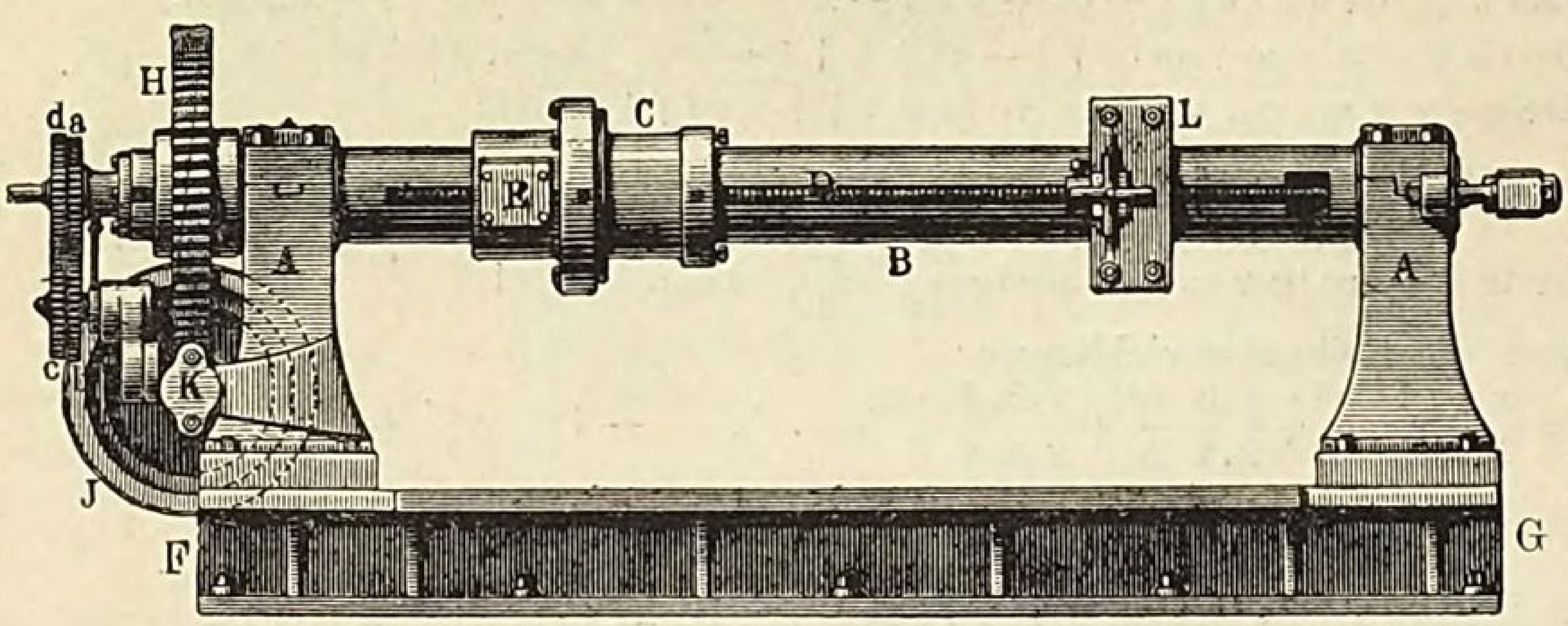


Fig. 1.

Aus Fig. 1 ist die Anordnung [1] einer liegenden Cylinderbohrmaschine ersichtlich, wobei die Bohrstange B in zwei kräftigen Böcken A gelagert ist, welche auf dem gusseisernen Gestellrahmen FG angebracht sind, auf dessen oberer Fläche der auszubohrende Cylinder festgeschraubt wird. Auf der kräftigen hohlen Bohrstange wird der zur Aufnahme der Bohrmesser am Umfange mit Löchern versehene Bohrkopf C durch eine Schraubenspindel D verschoben, die im Innern der Bohrstange gelagert ist und deren Mutter E durch einen Längsschlitz durch die Bohrstange nach aussen tritt, um dort mit dem Bohrkopfe fest verbunden zu werden. Wenn durch eine in das Schneckenrad H eingreifende Schraube ohne Ende auf der Axe K der Riemscheibe J der Bohrkopf umgedreht wird, so müsste sich derselbe bei jeder Umdrehung um die ganze Ganghöhe oder Steigung s der Schraube D verschieben, wenn dieselbe ganz an der Umdrehung verhindert würde. Da eine solche Verschiebung für die Bohrmesser zu gross sein würde, so trifft man die Anordnung so, dass die Schraubenspindel D nicht gänzlich festgehalten, sondern mit einer nur etwas geringeren (oder auch etwas grösseren) Geschwindigkeit umgedreht wird als die Bohrstange. Wenn die letztere in jeder Minute n_1 Umdrehungen macht und n_2 die Anzahl der Schraubendrehungen für dieselbe Zeit ist, so bestimmt sich die Verschiebung des Bohrkopfes in der Minute zu $z = (n_1 - n_2)\,s$, also für jede Umdrehung zu $\frac{z}{n_1} \frac{n_1 - n_2}{n_1} s = \delta$, und man hat die Anordnung so zu treffen, dass diese Verschiebung für jede Umdrehung oder die Spandicke δ etwa 0,5—1 mm beträgt. Um die Schraubenspindel in der gedachten Weise zu bewegen, ist auf die Bohrstange ein kleines Zahnrad a gesetzt, welches im Eingriffe mit einem andern Rade b auf einer Hilfsaxe ist, die ein drittes Rad c trägt, das seinerseits wieder mit dem Zahnrade d auf der Schraubenspindel im Eingriffe steht. Vermöge dieser Verbindung wird die Umdrehung der Bohrstange von a durch b und c hindurch auf d und die Schraube übertragen und zwar macht dieselbe, wenn a, b, c und d die Halbmesser oder die Zähnezahlen der gleichbezeichneten Räder vorstellen, bei n_1 Umdrehungen der Bohrstange $n_1 \frac{a}{b}\frac{c}{d} = n_2$ Umdrehungen. Durch geeignete Wahl der Zähnezahlen a, b, c und d hat man es daher in der Hand, für die Schraubenspindel die erforderliche Umdrehungszahl n_2 zu erhalten. Der auf der Bohrstange befestigte Querarm L kann dazu verwendet werden, die Flantschen oder Stirnflächen des ausgebohrten Cylinders abzudrehen, wozu ein in diesem Arme angebrachter und mit diesem herumgedrehter Stichel vermittelst einer Schraubenspindel in radialer Richtung langsam verschoben wird. — Hiernach ist die Cylinderbohrmaschine (Fig. 2) aus einer amerikanischen Fabrik [2] leicht zu verstehen. Die Bohrstange A trägt ebenfalls den durch eine in ihrem Innern befindliche Schraube zu verschiebenden Bohrkopf B, sowie zwei Arme G zum Abdrehen der Stirnen. Durch eine das hintere Ende D erfassende Zahnstange kann an dem Handrade C die Bohrstange nach rechts herausgezogen werden, wenn der zu bohrende Cylinder auf die ihn aufnehmenden Querträger E aufgebracht oder nach vollendeter Ausbohrung wieder entfernt werden soll. Auch hier wird die Bohrstange durch ein Schraubenrad und eine Schnecke umgedreht, die auf der Queraxe H befindlich ist, welche ihren Antrieb von der Stufenscheibe J durch Kegelräder erhält. Durch ein geeignetes Differentialräderwerk wird die Schraubenspindel mit einer von derjenigen der Bohrstange etwas abweichenden Geschwindigkeit umgedreht. —

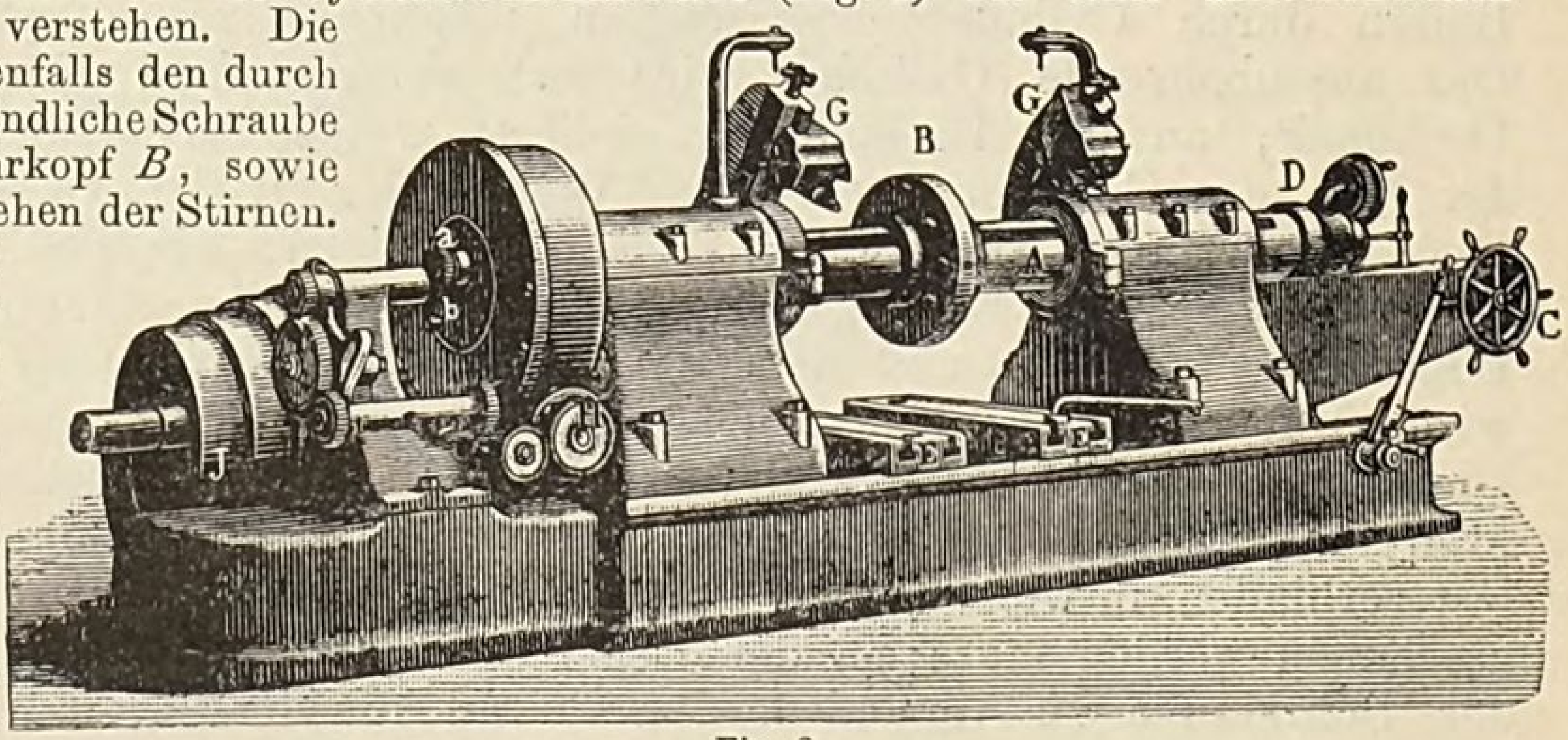


Fig. 2.

Die Einrichtung einer stehenden Cylinderbohrmaschine [3] ist aus Fig. 3 zu erkennen, in welcher *A* die hohle Bohrstange vorstellt, welche den Bohrkopf *B* trägt, der durch die im Innern von *A* angeordnete Schraubenspindel verschoben wird, während der auszubohrende Cylinder von den Klammern *K* festgehalten wird. Angetrieben wird hierbei die Bohrstange von der Stufenscheibe *G* aus vermittelst einer liegenden Vorgelegswelle *F* und einer stehenden Zwischenwelle und die erforderlichen Stirn- und Kegelräder. Ein Differentialräderwerk (Planetenradgetriebe) aus den Rädern *a*, *b*, *c* und *d* vermittelt die Umdrehung der Schraubenspindel *D*. Hier ist die Bohrstange *A* in die am oberen Ende zu einer Muffe erweiterte Antriebsaxe *C* gesetzt, aus welcher sie nach oben herausgehoben wird, wenn ein Cylinder ein- oder ausgebracht werden soll.

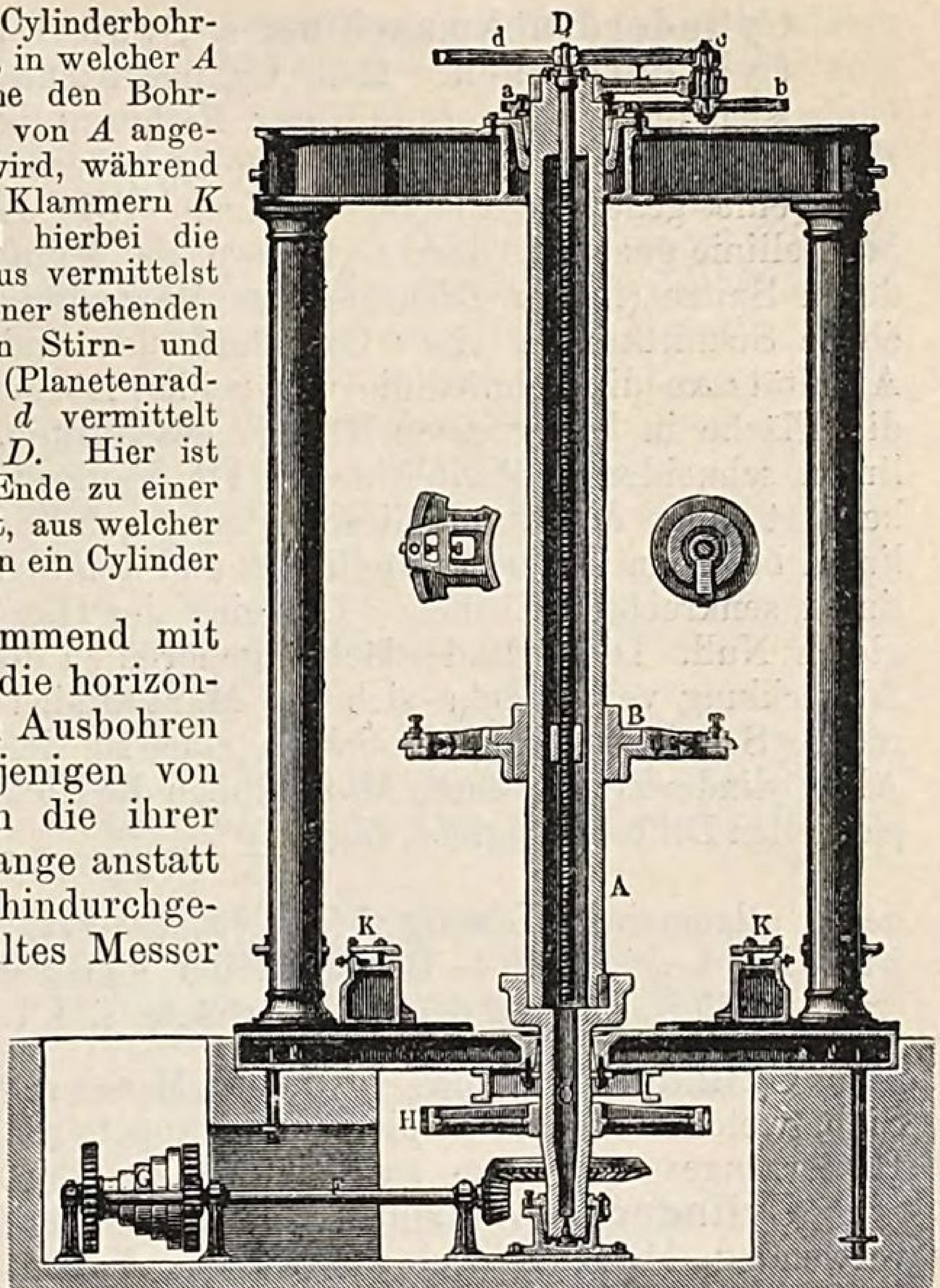


Fig. 3.

Im wesentlichen übereinstimmend mit den Cylinderbohrmaschinen sind die horizontalen Bohrmaschinen, welche zum Ausbohren kleinerer Höhlungen, z. B. derjenigen von Zapfenlagern, dienen, bei denen die ihrer Länge nach verschiebliche Bohrstange anstatt eines Bohrkopfes nur ein quer hindurchgestecktes und mit ihr fest verkeiltes Messer trägt, dessen Schneidkante von der Drehaxe genau um den Halbmesser der herzustellenden Bohrung absteht. In Ermangelung einer besonderen Cylinderbohrmaschine kann auch die Drehbank zum Ausbohren von Cylindern, besonders von kleineren, benützt werden, indem man zwischen die Spitzen der Spindel und des Reitstockes eine massive, hinreichend kräftige Bohrstange von mehr als doppelter Länge des auszubohrenden Cylinders bringt. Diese mit der Drehbankspindel sich drehende Bohrstange nimmt in ihrer Mitte den Bohrkopf oder das quer hindurchgesteckte Bohrmesser auf und man muss hierbei, da die Bohrstange nicht verschoben werden kann, die Verschiebung dem auszubohrenden Cylinder mitteilen. Zu dem Behufe wird der letztere in der Regel auf dem Schlitten des Supports befestigt, der durch die Leitspindel der Drehbank in bekannter Weise verschoben wird. Ein erheblicher Nachteil dieser Bearbeitungsart, die nur als Notbehelf anzusehen ist, liegt in der grossen Länge der Bohrstange, welche durch den in ihrer Mitte auf sie wirkenden Druck der Bohrmesser durchgebogen wird und leicht Erzitterungen unterworfen ist, was die Genauigkeit der Arbeit beeinträchtigt. — Zum Ausbohren der durch den Gebrauch mit der Zeit unrichtig werdenden Dampfcylinder der Lokomotiven gebraucht man auch tragbare Cylinderbohrmaschinen, welche an den betreffenden Cylindern befestigt werden und dieselben, ohne dass man sie von der Lokomotive abnimmt, ausbohren. — Die Geschwindigkeit der Bohrschneiden ist immer nur gering anzunehmen und beträgt für Gusseisen, aus welchem die auszubohrenden Cylinder meistens bestehen, etwa 40—50 mm in der Sekunde, wonach die Zeit einer Umdrehung der Bohrstange bei einem Cylinder von d mm Durchmesser sich zu $t = \frac{3{,}14\,d}{40}$ bis $\frac{3{,}14\,d}{50} = 0{,}08\,d$ bis $0{,}06\,d$ ermittelt. Für das Ausbohren von Stahl kann man die Umfangsgeschwindigkeit zu etwa 25—30 mm, für Messing und Bronze dagegen zwischen 100 und 150 mm annehmen. Die Geschwindigkeit der geradlinigen Verschiebung in der Axenrichtung wählt man etwa zu 1 : 2500 der Umfangsgeschwindigkeit, so dass für einen Weg von 1 m entsprechend einer ganzen Umdrehung eines Cylinders von etwa 0,310 m Durchmesser die Fortrückung 0,4 mm beträgt.

Litteratur: [1] und [3] Hart, Die Werkzeugmaschinen. — [2] Niles Works in Hamilton, Ohio; s. a. Weisbach-Herrmann, Ingenieur- u. Maschinenmechanik, Braunschweig 1895. *Herrmann.*

Cylinderdruckmaschine, s. Schnellpresse.

Cylinderflächen. Eine Cylinderfläche wird erzeugt, wenn eine gerade Linie sich ohne Aenderung ihrer Richtung nach irgend einem Gesetz bewegt, z. B. so, dass sie fortwährend eine gegebene Kurve (Leitkurve, Leitlinie) trifft oder eine gegebene Fläche berührt. Jede Lage der Erzeugenden wird eine Mantellinie genannt. Jede Cylinderfläche kann als Kegelfläche betrachtet werden, deren Spitze (in der Richtung der Mantellinien) unendlich fern liegt. Je zwei ebene Schnittkurven einer Cylinderfläche sind perspektiv-affine Figuren, deren Affinitätsaxe die Schnittlinie der beiden Ebenen ist. Von parallelen Ebenen wird die Fläche in kongruenten Kurven geschnitten. Ebenen parallel zu den Mantellinien schneiden in Mantellinien. Die Tangentialebene in einem beliebigen Punkt berührt längs der durch diesen Punkt gehenden Mantellinie. Die Krümmungslinien bestehen in den Mantellinien und den Schnittkurven mit den zu den Mantellinien senkrechten Ebenen. Die eine der Hauptkrümmungen ist in jedem Punkt gleich Null. Die Cylinderflächen gehören zu den abwickelbaren Flächen. Bei der Abwicklung verwandeln sich die Mantellinien in parallele Gerade; jeder senkrechte Schnitt verwandelt sich in eine zu den Mantellinien senkrechte Gerade. Alle Cylinderflächen, deren Mantellinien die Richtungs-cos l, m, n haben, genügen der partiellen Differentialgleichung $l\frac{\partial z}{\partial x}+m\frac{\partial z}{\partial y}-n=o$, deren allgemeinste Lösung $\Phi(x-lz, x-mz)=o$ ist, wobei Φ eine willkürliche Funktion bezeichnet. — Bezüglich der konstruktiven Darstellung und der geometrischen Eigenschaften der Cylinderfläche s. d. Litt. u. Abwickelbare Flächen.

Mehmke.

Cylinderform, das aus feinen Messingdrähten hergestellte, cylinderförmige Sieb, welches bei der Papier- und Pappefabrikation (s. d.) zum Entwässern des Papierzeuges und daher zur Bildung des Papieres dient.

Cylinderformmaschine, diejenige zur Papier- und Pappefabrikation (s. d.) verwendete Maschine, bei welcher das die erste Entwässerung des Papierzeuges bewirkende Sieb, die sogen. Form, eine cylinderförmige Gestalt besitzt und als Hauptapparat der Maschine diese dadurch charakterisirt.

Cylinderhemmung, s. Uhren.

Cylinder-Jennys, s. Streichgarnspinnerei.

Cylinderknotenfänger, bei der Papierfabrikation verwendeter Knotenfänger, dessen Hauptbestandteil ein cylindrisch gestaltetes, aus Drahtgewebe hergestelltes Sieb ist, durch welches die im Papierzeug befindlichen Knoten und sogen. Kotzer zurückgehalten werden. S. Papier- und Pappefabrikation.

Cylinderkocher, ein in der Papierfabrikation zur nassen Reinigung der Hadern durch Behandlung mit kochender Lauge dienender, aus einem cylindrischen Metallkessel bestehender Apparat. S. Papier- und Pappefabrikation.

Cylinderlinsen sind ganz oder teilweise durch Cylinderflächen begrenzte optische Linsen. Ist eine Linse durch zwei konvexe Cylinderflächen mit parallelen Mantellinien begrenzt, so werden parallel auf sie auffallende Strahlen nach einer Brennlinie gebrochen. Man bedient sich solcher Linsen bei den Spektralapparaten (s. Spektralanalyse), teils um die Brennlinien auf dem Spalt des Spektralapparates zu entwerfen und denselben dadurch sehr intensiv zu beleuchten, teils um die punktförmigen Bilder der Fixsterne, denen ein Spektrum von verschwindender Breite entspricht, in linsenförmige Bilder zu verzerren und dadurch Spektralbänder der Fixsterne zu erzeugen. Wird nur letzterer Zweck verfolgt, so dient die Cylinderlinse als Okularlinse des Spektralapparates. Eine zweite Verwendung finden cylindrisch geschliffene Linsen als Brillengläser für astigmatische Augen (s. Astigmatismus); hierbei kann die eine Fläche der Linse eben oder sphärisch, die andere cylindrisch geschliffen sein. Ueber die geometr. optischen Gesetze des Strahlganges vergl. Reusch, Theorie der Cylinderlinsen, Leipzig 1868.

Aug. Schmidt.

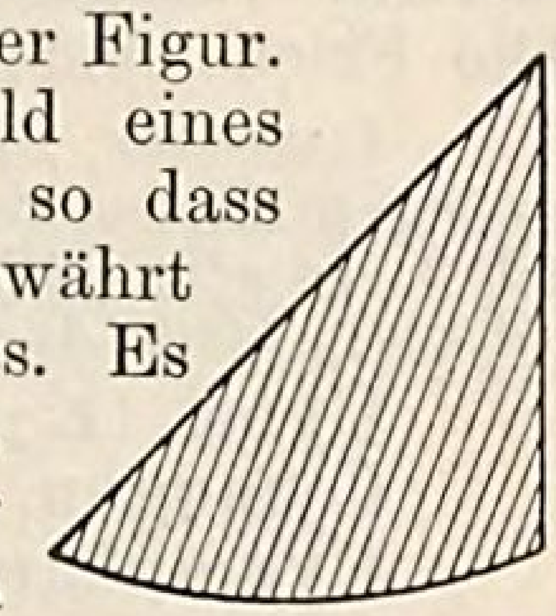
Cylindermange, s. Kalander.

Cylinderöl, s. Mineralöle.

Cylinderpresse, eine in der Tuchfabrikation zum Erzeugen eines entsprechenden Glanzes an der Oberfläche des Gewebes verwendete Maschine, welche

ein ununterbrochenes Pressen des stetig durchlaufenden Gewebes zwischen einem rotirenden Cylinder und einem dagegen gepresssten muldenförmigen Konstruktionsteil zur Ausführung bringt. S. T u c h f a b r i k a t i o n.

Cylinderprisma wird zuweilen das auch als Prismenlupe zu bezeichnende besondere Glasprisma genannt: es unterscheidet sich vom gewöhnlichen „gleichschenkelig-rechtwinkeligen“ Prisma dadurch, dass an diesem die eine Kathetenfläche durch eine Cylinderfläche ersetzt ist, deren Axe parallel zu den Prismenkanten ist; der Querschnitt senkrecht zur Axe entspricht also der Figur. Während das gleichschenkelig-rechtwinkelige Prisma das Bild eines Gegenstandes um einen rechten Winkel zu drehen gestattet, so dass also z. B. ein horizontal liegender Teilstrich vertikal erscheint, gewährt das Cylinderprisma zugleich noch eine Vergrösserung des Bildes. Es wird bei manchen geodätischen Instrumenten angewendet, z. B. bei der Bussole von Schmalkalder (s. d.), wo dem Blick in der Vertikalebene des Diopters zugleich die Striche und Zahlen der in Wirklichkeit horizontal liegenden Teilung aufrecht und vergrössert erscheinen sollen, bei gewissen Nivellir-Instrumenten (z. B. den beim neuen französischen Fein-Nivellement eingeführten), bei denen zugleich mit dem Blick in die Zielaxe des Fernrohrs die Enden der Libellenblase scharf beobachtet werden sollen u. s. f. *Hammer.*



Cylinderring, s. D y n a m o m a s c h i n e.

Cylindersäge, s. S ä g e n und S ä g e m a s c h i n e n.

Cylinderschermaschine, in der Tuchfabrikation zur Herstellung einer gleichförmigen Oberfläche durch gleichlanges Abschneiden der Härchen des Gewebes in Anwendung gebrachte, scherenartige Maschine, bei welcher das eine Scherblatt aus einem schnell rotirenden, mit scharfen Messern versehenen Cylinder besteht. S. T u c h f a b r i k a t i o n.

Cylinderschützen, s. W a s s e r r ä d e r.

Cylindersieb, in den verschiedensten Gewerben und Industrien, z. B. in der Papier- und Pappeindustrie, auch beim trockenen und nassen Sortiren der verschiedensten Körper verwendetes Sieb von cylindrischer Form.

Cylindersiebmaschine, auch Cylinderformmaschine genannt, eine sowohl in der Papierfabrikation, als (in etwas geänderter Konstruktion) bei der Entwässerung des Holzzeuges verwendete Maschine, deren charakteristischer Bestandteil ein mit feinem Drahtgewebe überzogener Cylinder ist, an dessen Oberfläche die Fasern haften bleiben und dadurch die Bildung des Papiers, sowie die Abtrennung des Wassers von den Holzfasern ermöglichen. *Maxim. Kraft.*

Cylinder-Sizingmaschine, s. W e b e r e i.

Cylindrische Abbildungen nennt man diejenigen Kartenprojektionen, bei welchen als Projektionsfläche eine die Erdoberfläche umhüllende Cylinderfläche angenommen wird. Bei der echten Cylinder-Projektion ist der Umhüllungs-Cylinder im Aequator berührend gedacht, so dass die Abwicklung eine längentreue Abbildung desselben, die Parallelkreise ein System zu ihm paralleler Geraden, die Meridiane ein System zu ihm rechtwinkelig stehender Geraden liefern. Dieses sich rechtwinkelig schneidende Liniensystem als Darstellung der Parallelkreise und Meridiane ist ein Kennzeichen der echten Cylinder-Projektion (Plattkarte), während man mit dem Namen „unecht cylindrische Projektion“ diejenige bezeichnet, bei welcher sich nur die Parallelkreise als ein System paralleler Geraden abbilden, und die Meridiane beliebige Kurven sein können. Weiteres s. K a r t e n p r o j e k t i o n. Litteratur ebenda. *Reinhertz.*

Cylindrograph hat Moëssard einen panoramischen photographischen Apparat genannt, der zur Photogrammmetrie (besonders panoramischen Phototopographie) und für andere photographische Zwecke (auch Porträts u. s. f.) dienen soll; die vertikale Bildebene der sonstigen photographischen Apparate ist durch eine Halbcylinderfläche mit vertikaler Axe als Bildfläche ersetzt. Die Oeffnung einer Aufnahme beträgt 170°, so dass man für den ganzen Umkreis nur zwei Hauptaufnahmen und eine kleinere Aufnahme von etwa 30° (mit den Ueberdeckungen) braucht.

Litteratur: Moëssard, Le Cylindrographe, Appareil panoramique, 2 T., Paris 1889. *Hammer.*

Cylindroïd ist eine windschiefe Fläche (s. d.) mit zwei krummen ebenen Leitlinien und einer Leitebene. Schneidet man einen Cylinder durch zwei zu seiner Richtung und unter sich nicht parallele Ebenen und verschiebt die eine Schnittkurve in ihrer Ebene um eine beliebige Strecke, so ergeben sich die Erzeugenden des Cylindroïdes als die Verbindungslinien der Schnittpunkte von zur Leitebene parallelen Ebenen mit den gegebenen Leitlinien. Sind die Leitlinien Kurven zweiten Grades, also Kegelschnitte, so ist das Cylindroïd von 4 bezw. 8 Graden. Die Fläche findet in der Technik unter Umständen Verwendung als Wölbfläche.

Litteratur: Spezialwerke über darstellende Geometrie wie: Fiedler, Methoden der darstellenden Geometrie, I—III, Leipzig 1883; Wiener, Lehrbuch der darstellenden Geometrie, Bd. 2, Leipzig 1887; Peschka, Darstellende und projektive Geometrie, Wien 1884. — De la Gournay, Traité de géometrie descriptive, Paris 1885. *Vonderlinn.*

Cyma (Kyma), s. Blattwelle.

Cymogen, s. Petroleum.

Cymophan, s. v. w. Chrysoberyll.

Cyper, s. Kupfervitriol.

Cypridinenschiefer werden in der Geologie den obersten Schichten der Devonformation angehörige graue, grünlichgraue und rote, sandige und glimmerige, dünnblätterige Thonschiefer und Mergelschiefer genannt, welche als Leitfossil einen ausgestorbenen Schalenkrebs (Cypridina) führen. Die technische Verwendung ist eine unbedeutende. *Leppla.*

Cyprin, s. d. Art. Vesuvian.

Cyprische Erde, eine Umbraart, angeblich von der Insel Cypern stammend oder wenigstens früher von dorten bezogen, eine braune Erdfarbe; heute wird unter diesem Namen nur Umbra verkauft. Auch grüne Erde kommt unter diesem Namen im Handel vor. *Andés.*

Cyrenenmergel werden in der Geologie die dem oberen Oligocän (s. Tertiärformation) angehörigen, vorwiegend grauen, grünlichgrauen und graublauen, feinsandigen, mehr oder weniger plastischen, mitunter kalkhaltigen Thone (Letten), mit dem allerdings nicht häufigen Leitfossil Cyrene semistriata (einer gleichklappigen Muschel) im Mainzer Becken bezeichnet. Kalkreichere Schichten sind selten, doch sind harte Steinmergel vorhanden. Im unteren Teil der Schichten treten ziemlich mächtige, feine, hellgraue, glimmerreiche Quarzsande (Schleichsande) und Sandsteine auf, welche in untergeordneter Weise als Bau- und Stubensand gebraucht werden. Dünne, unbauwürdige Braunkohlenlager treten in den oberen Schichten in den Letten auf. Die dunkelgraublauen Mergel oder Letten werden wenig benützt, örtlich zur Zementfabrikation. An steilen Gehängen, aber auch an flachern (mit 10—20° Neigung gegen die Horizontale) geben die Cyrenenmergel oft Anlass zu grossen Rutschungen, wenn ihre Wasserfassung und diejenige der unter- und eingelagerten Schleichsande erschöpft ist.

Litteratur: Lepsius, Das Mainzer Becken, Darmstadt 1883, S. 78—100. *Leppla.*

Cyrillika wird die in den Kirchenbüchern der Russen und aller dem griechisch-katholischen Bekenntnisse folgenden Slaven angewendete Schrift, die angeblich von dem Apostel Cyrillus ersonnen und eingeführt worden sein soll, genannt; die griechische Schrift hat hierzu als Vorbild gedient, doch sind ihr noch eine Anzahl anderer Figuren zur Wiedergabe der den slavischen Sprachen eigentümlichen Laute beigefügt worden. Aus ihr aber sind die heute in Russland, Bulgarien und Serbien gebräuchlichen Alphabete entstanden; die Russen lieben es besonders, auch die alten Formen der Schrift in vielfachen Verschnörkelungen auf Titeln, Inschriften u. s. w. anzuwenden, so dass diese dadurch oft recht schwer lesbar werden. S. auch Schriftarten. *Theod. Goebel.*

D

als Abkürzungszeichen bedeutet auf deutschen Reichsmünzen: München; auf österreichischen: Graz; auf älteren preussischen Münzen: Aurich; auf neueren (bis 1848): Düsseldorf; als römisches Zahlzeichen = 500; in der internationalen Telegraphie: dringendes Telegramm. — S. auch AAAA und Kammgarnspinnerei.

Dabollhorn, das im Anfange der fünfziger Jahre dieses Jahrhunderts von dem Amerikaner Daboll erfundene und von Holmes verbesserte Schallrohrinstrument, welches zur Abgabe von Nebelsignalen dient. Es besteht aus einem 2—3 m langen, geraden Metallrohr, welches in ein klarinettartiges Zungenmundstück ausläuft und durch dieses mit komprimirter Luft von 1—2 Atm. Druck angeblasen wird. Das Dabollhorn steht mit seinem Mundstück vertikal auf dem Luftreservoir und ist am oberen Ende horizontal umgebogen. — Die Lagerung des vertikalen Hornteiles gestattet ein leichtes Drehen der Schallrohröffnung in den Wind. *von Niessen.*

Dach, der oberste, flache oder steil ansteigende Abschluss eines Gebäudes. Es hat den Zweck, das letztere vor schädlichen Einflüssen zu schützen; es soll den Regen ableiten, den Schnee nicht durchlassen, Hitze und Kälte abhalten und wenn thunlich feuersicher sein.

Das Dach zerfällt in zwei getrennte Teile, a. die Eindeckung, welche eine undurchlassende Oberfläche zu bilden hat, nebst deren Unterlage (s. Art. Dachdeckung); b. die tragende Konstruktion, der Dachstuhl (s. d.). Die äussere Gestaltung des Daches hängt ab 1. von den Eigenschaften des Deckmaterials, 2. dem Klima, 3. der inneren Benützung des Raumes, 4. von ästhetischen und 5. stilistischen Gesichtspunkten. Das Deckmaterial bestimmt zunächst die Dachneigung (s. d.) und die Dachform. Hinsichtlich letzterer unterscheiden wir: 1. das einhängige oder Pultdach mit einseitiger Erhebung, d. i. einem Wasserablauf, der Traufe (s. d.), und einer First (s. d.). Es kommt in einfacher Anwendung vor bei Seitenbauten, an welchen dem Nachbar kein Wasser zugeführt werden darf, oder mehrfach neben einander bei Fabrikbauten als sogen. Sheddach (s. d.). 2. Das zweiseitige, Sattel- oder Giebeldach, die allgemeinste Form mit zwei Traufen und einer First. Die senkrechte Begrenzung der Dachflächen ist der Giebel (s. d.). 3. Werden an Stelle der Giebel Dachflächen gesetzt, so entsteht das Walmdach oder holländische Dach mit vier auf gleicher Höhe liegenden Traufen, vier ansteigenden Gräten (s. d.) und einer First. 4. Liegen die Traufen der Walmflächen höher als die der Langseiten, so entsteht das Halbwalmdach (auch Krüppelwalm), eine Form, welche für ländliche Gebäude eine charakteristische, auch provinziell, z. B. im Schwarzwald und der Nordschweiz die herrschende ist. 5. Bei dem Zeltdach vereinigen sich vier Dachflächen in gemeinsamer Spitze. Das steile Zeltdach nennen wir Turm- oder Helmdach. Dieses kommt auch vielseitig vor. Ueber einem runden Grundriss entsteht 6. das Kegeldach. 7. Das gebrochene oder Mansarddach, nach dem Architekten Franc. Mansard (gest. 1666 in Paris) benannt, hat vier Dachflächen, zwei flache und zwei steile; der Querschnitt ist gleich einem halben Achteck. 8. Das Bogendach, ein Satteldach mit gebogener Dachfläche und segmentartigem Querschnitt. 9. Das Kuppeldach (Haubendach, Dachhaube) mit Dachflächen in gebogener Linie, meist über kreisrundem oder viereckigem Grundriss. 10. Das Kaiserdach mit geschweifter, unten meist ausgebogener Fläche, auch Dachhaube.

Je flacher das Dach ist, eine desto geringere Fläche setzt es den Stürmen entgegen; um so dichter muss dagegen dessen Eindeckung sein, weil ein rascher Abfluss des Wassers verhindert wird und so ein Eindringen der Nässe leichter stattfinden kann. Dabei sind die Belastung durch Schnee und der Seitenschub in den tragenden Hölzern grösser; daher sind diese stärker zu halten als bei steilen Dächern. Als ästhetisches Moment ist zu beachten, dass flache Dächer für das Auge leicht und gefällig erscheinen, hohe und steile Dächer aber schwer. Doch kommt noch das stilistische Moment hinzu, welches die Form und Neigung des Daches mitbestimmt. Im allgemeinen sind die flachen Dachformen den südlichen regenlosen Ländern und den aus ihnen hervorgegangenen Stilen, der

Antike und der Renaissance, eigen; die steilen Dächer entsprechen den mittelalterlichen Stilen der nördlichen Völker. Hierbei bildet das Dach einen integrirenden Teil des Gebäudes, seine Form muss sich daher in charakteristischer Weise den Hauptteilen anschliessen.

Es gelten folgende Benennungen: 1. Mittelalterliches gotisches Dach, wenn die Höhe grösser als die Dachweite; 2. Altdeutsches Dach, wenn die Dachhöhe gleich Weite; 3. Altfranzösisches Dach, wenn Dachseite gleich Weite; 4. Winkeldach, wenn die Höhe gleich der halben Weite; in diesem Fall ist der Firstwinkel = R ◁; 5. Dritteldach, Vierteldach, wenn die Höhe = $^1/_3$, $^1/_4$ der Weite; 6. Italienisches Dach, dessen Höhe = $^1/_5$—$^1/_6$ der Weite; 7. Altandach, Plattform, mit einer Höhe = $^1/_{12}$—$^1/_{20}$ der Weite. *Weinbrenner.*

Dach, in der Geologie, s. Erzlagerstätten.

Dach, im Tunnelbau, s. First.

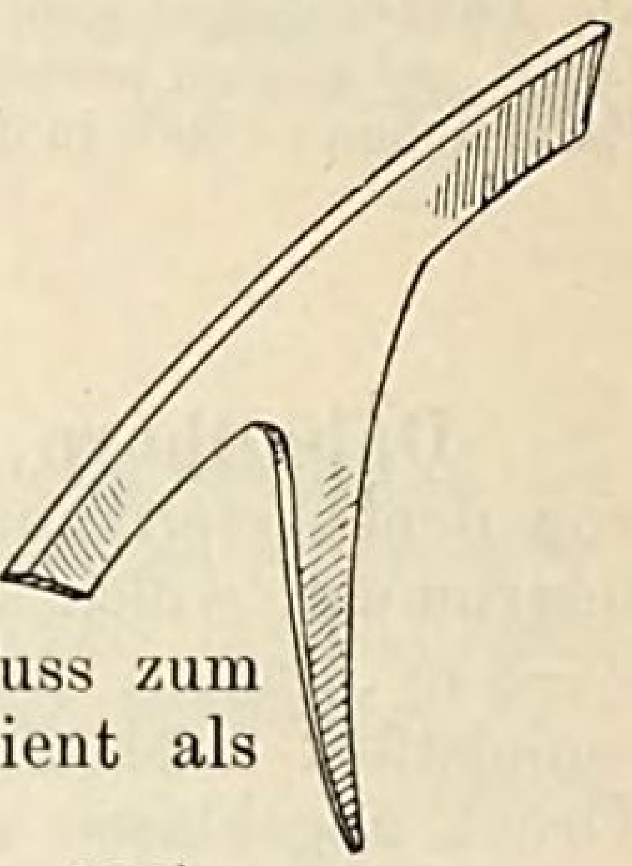
Dachabfall, s. v. w. Dachneigung (s. d.).

Dachausmittelung, s. Dachzerlegung.

Dachbalkenlage, s. Balkenlage.

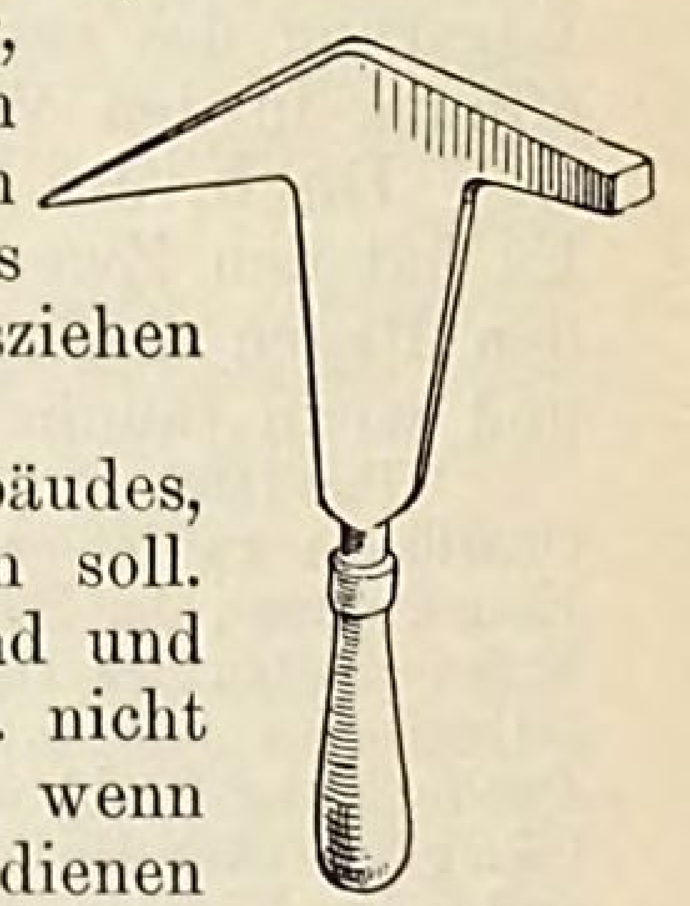
Dachbinder, s. Dachstuhl (Bd. 3, S. 106).

Dachboden, s. Dachgeschoss und Dachöhre.



Dachbrücke (im Bauwesen), Werkzeug des Schieferdeckers, oben mit quergestellter, gekrümmter und gestählter Klinge, ca. 25 cm lang, mit einer oder zwei Spitzen als Fuss zum Einschlagen in das Holzwerk des Daches (s. Fig.). Es dient als Amboss beim Zurichten der Schiefer.

Dachbund (Dachbinder), s. Dachstuhl (Bd. 3, S. 106).



Dachdeckerhammer, auch Dachhammer, ein Hammer, dessen eine Seite zugespitzt mit scharfer Schneide zum Behauen des Schiefers; dessen andere mit glatter Bahn zum Einschlagen der Nägel dient (s. Fig.). Der Schindeldecker bedient sich eines ähnlichen Hammers, bei dem die Spitze geteilt ist, zum Ausziehen schiefgeschlagener Nägel.

Dachdeckung, der oberste Abschluss eines jeden Gebäudes, welches hierdurch vor schädlichen Einflüssen bewahrt werden soll. Die Deckung soll 1. undurchlässig für Regen und Schnee, Wind und Sturm, 2. frostbeständig sein, 3. Kälte und Hitze abhalten, 4. nicht zu schwer im Gewicht, 5. leicht auszubessern, sodann 6., wenn thunlich, feuersicher sein. Zur Erfüllung dieser Bedingungen dienen die verschiedenartigsten Baustoffe, welche je nach den Geldmitteln, sowie den Anforderungen an Schönheit und Dauerhaftigkeit zu wählen sind. Der Bedingung von Feuersicherheit, welche für alle monumentalen Bauten von höchster Wichtigkeit ist, entsprechen I. die harten Dachdeckungen. Hierunter versteht man alle Dachungen aus natürlichen und künstlichen Steinen, sowie aus Metallen. In konstruktiver Hinsicht zerfällt diese Gruppe in zwei Hauptklassen: A. Schuppenförmige Deckung, aus kleinen, flachen, sich überdeckenden Stücken von geringem Gewichte bestehend, mit steiler bis flacher Dachneigung. Hierzu rechnen:

1. die Ziegeldächer von verschiedener Ausbildung und Anordnung. Allen gemeinsam ist deren Eindeckung in wagrechten Reihen oder Scharen (s. d.) auf Lattung (s. d.), sowie eine Abdeckung der Firsten und Gräte (Firsteindeckung) mit Hohlziegeln (s. d.). Je nach den landesüblichen Formen der Dachziegel (s. d.) ist zu unterscheiden: a. das Dachplatten- oder Biberschwanzdach (s. Biberschwänze), b. das Pfannendach (s. d.), c. das Hohlziegeldach (s. d.), d. das italienische Dach (s. d.), e. das Falzziegeldach. — 2. Zementdächer in Nachbildung von 1. (s. d.). 3. Schieferdächer, gebildet aus den dünnen, glatten und leichten Schieferplatten von verschiedener Form und Grösse, sowie Dachneigung. Je nach den Arten der Schiefer unterscheiden wir: a. das rheinische oder deutsche Dach, mit schräg ansteigenden Bahnen auf Schalung, b. das englische Dach und c. das französische Dach mit wagrechter Eindeckung auf Lattung (s. den Art. Schieferdach).

B. Plattenförmige Deckung mit wenigen Fugen und Stössen in flacher Neigung. Hierzu rechnen:

1. das Steindach aus Platten, von natürlichen Steinen gebildet, die monumentalste, aber auch schwerste Deckung (s. Steindach). 2. Metalldächer, meist aus grossen Blechtafeln auf Holzschalung in mannigfacher Weise ausgeführt. Nach den zur Verwendung kommenden Metallen unterscheiden wir: a. das Zinkdach (s. d.), b. Eisen- bezw. Wellblechdach, c. Kupferdach, d. Bleidach (s. d.).

II. Estrichdächer mit kontinuirlicher Fläche von ganz flacher Neigung, gut begehbar. Sie bestehen aus einer undurchlässigen Schichte, gebildet aus einer harzigen oder bituminösen Masse, aufgebracht auf einer Unterlage von Stein oder Holz und vor den Einflüssen der Sonne, Hitze und Kälte und vor Feuersgefahr durch eine Schutzlage bewahrt. Das Dachgerüst ist, der Belastung entsprechend, sehr kräftig zu halten, und um das Ersticken des Holzwerks unter der Estrichlage zu verhüten, für Luftzutritt zu sorgen. Hierzu rechnen:

a. das Dorn'sche Lehmdach, b. das Holzzementdach, c. das Asphaltdach und d. das Rasendach.

Für nicht monumentale Gebäude, solche von vorübergehendem Bestande, besonders für einfache und ländliche Bauten dienen: III. Weiche Dachdeckungen, aus Stoffen, deren geringe Dauer und Feuergefährlichkeit sie von der Anwendung bedeutender Gebäude ausschliessen, deren sonstige Vorzüge aber, wie grösste Wohlfeilheit der Beschaffung, sowie Herstellung, Schutz gegen Frost und Hitze sie für obengenannte Zwecke besonders geeignet machen. Hierzu sind zu rechnen:

a. das Teerpappdach (s. d.), b. das Holz- oder Bretterdach (s. d.), c. das Schindeldach (s. d.), d. das Stroh- und Rohrdach mit dem Lehmschindeldach (s. den Art. Strohdach).

Litteratur: Handbuch der Architektur, III. Teil, Bd. 2, Heft 5, wo auf S. 2 andere Werke verzeichnet sind. *Weinbrenner.*

Dachfahne, s. Wetterfahne.

Dachfenster, Bodenfenster, südd. Dachgaube, eine Oeffnung in der Dachfläche zur Erhellung und Lüftung des Dachraumes. Je nach den Zwecken und der Bauart des Gebäudes, nach dem Deckmaterial und der Dachneigung ist deren äussere Gestaltung eine sehr verschiedene. — Die reichste Ausbildung zeigen die sogen. Lucarnen der altfranzösischen Mansardedächer, deren Lichtöffnungen teils viereckig, teils rund oder oval, sogen. Oeil de boeuf, mit reichgegliederter Stirnumrahmung. Gute Vorbilder, sogen. Dacherker, zeigen die alten Bauten Nürnbergs, ebenso die schiefergedeckten rheinischen Bauwerke mit ihren spitzen Dachnasen. In neuester Zeit werden die Umrahmungen der Dachfenster meist in Holz mit Verkleidung in Zinkblech ausgeführt, weil diese leicht, von gefälligem Aeussern und guter Dauer sind; deren Anfertigung geschieht durch Spezialgeschäfte, wie z. B. C. Leins & Cie. Stuttgart (s. deren Musterbuch). — Jede Unterbrechung der Dachfläche bildet den Keim für spätere Mängel; es sind deshalb die Dachfenster so viel wie möglich zu beschränken oder zu vermeiden. Dies wird erreicht: 1. bei den Dächern mit Kniestöcken durch Anordnung von Oeffnungen in den letzteren; 2. bei Ziegeldächern durch Einlegen von Glasziegeln, Lichtziegeln aus Gussglas in Form des Deckmaterials; 3. durch sogen. Kafffenster, halbkreisförmig aufgebogene Formziegel (mit oder ohne Verschluss); 4. durch liegende Dachfenster — auch Dachklappen aus Gusseisen oder Blech hergestellt in der Grösse von 50/70 cm Lichtweite und ca. 10 cm hohem Rand. Durch eine Aufstellvorrichtung mit Drehung an der oberen Schmalseite wird eine Lüftung und Aussteigen ermöglicht.

Litteratur: [1] Ueber Lucarnen H. A. Raquenet, Materiaux d'architecture, Paris. — [2] Lienard, Specimens de la decoration au XIX. siècle, Liège. — [3] Viollet-le-Duc, Diction. d'architecture, Bd. 6, S. 185—196. — [4] Handbuch der Architektur, III. Teil, Bd. 2, Heft 5, S. 358 ff. *Weinbrenner.*

Dachfirst, auch First, Forst, die oberste Kante, in welcher zwei Dachflächen zusammen treffen; sie ist bei regelmässigem Grundrisse, also parallel laufenden Traufen, wagrecht, dagegen bei divergirenden Trauflinien ansteigend (s. Dachzerlegung).

Dachflötz, s. Schicht.

Dachfuss, s. v. w. Traufkante.

Dachgebinde, s. Dachstuhl (Bd. 3, S. 105).

Dachgeschoss, Dachboden, Dachraum, der Raum unter dem Dache eines Gebäudes zwischen dem Dach- und Kehlgebälk gelegen, dient teils zu Wohnzwecken — Dachwohnung, teils als Beigabe zu den Wohnungen der unteren Stockwerke; als Aufbewahrungsraum — Bodenkammer, südd. Speicherkammer; bei flacher Dachneigung ist ein nutzbarer Dachraum nur durch hohe Kniestockwände zu erreichen. Am günstigsten sind die Mansardedächer, bei welchen

durch eine vorgestellte Blindwand die Dachschräge verdeckt wird und so rings senkrechte Wände entstehen. Für solche Dachräume zu Wohnzwecken bestehen gesundheitspolizeiliche Vorschriften, welche ein Mindestmass der lichten Höhe von 2,5—3,0 m festsetzen. *Weinbrenner.*

Dachgespärre, Gesamtheit der Sparren einer Dachfläche oder eines Dachstuhls.

Dachhaken (Dachknappen), in 2,20—2,30 m Entfernung von einander in Dachsparren eingeschlagene gekrümmte eiserne Haken zum Anhängen von Leitern bei Ausführung von Reparaturen.

Dachhammer, s. Dachdeckerhammer.

Dachhaube, s. Dach.

Dachholz, das zur Dachkonstruktion geeignete Bauholz, unter Ausschluss des stärkeren Balkenholzes.

Dachkammer, Bodenkammer, kleiner, abgeschlossener Raum im Dachgeschoss (s. d.).

Dachkehle, nordd. Einkehle, die schräg ansteigende Rinne, welche bei Zusammentreffen zweier Dachflächen entsteht, deren Eindeckung hat mit besonderer Sorgfalt zu geschehen. Bei Schieferdächern dienen hierzu eigens geformte schmale Kehl- oder Wassersteine (s. Schieferdach). Solche Schieferkehlen kamen auch bei Ziegeldächern zur Anwendung; heute meist Kehlbleche (s. d.) mit gefalzten Rändern. *Weinbrenner.*

Dachlack, von schwarzer oder roter Farbe, zum Konserviren von Pappe- und Eisenblechdächern bestimmt, entweder aus mit Teerölen verdünntem Teer oder aus Kompositionen von Kolophonium, Teeröl, Harzöl und einem Farbkörper, meistens Engelrot, bestehend, trocknen zwar rasch, erhärten aber sehr langsam. *Andés.*

Dachleitern sollen bei allen Arten von Dachbedeckungen sowohl von Bauhandwerkern als von der Feuerwehr gleich zweckmässig verwendet werden können. Man trifft bei den Feuerwehren Dachleitern mit und ohne Haken, mit festem und losem Haken, mit einem Haken in der Mitte oder einem solchen seitlich, mit kürzerem oder längerem Haken, mit zwei Haken (Firstleitern), mit und ohne Vorrichtung zum Zurückschieben der Dachziegel oder zum Einfahren mit dem Haken unter dieselben, mit und ohne Laufrollen, ein-, zwei- und dreiteilig. Die Augsburger oder bayerische Dachleiter ist ähnlich derjenigen der Schieferdecker und hat einen losen Haken in Form eines *S*, den der Benützer an sich trägt. Der Haken wird von der Anstellleiter aus in eine der unteren Ziegelreihen und dann die erste Dachleiter in den über die Dachfläche vorstehenden Teil des Hakens an einer ihrer unteren Sprossen eingehängt, alsdann bestiegen, von ihr aus über derselben ein zweiter Haken, in diesen hierauf die zweite Dachleiter u. s. w. eingehängt. Bei dieser Einrichtung kann die Dachleiter sich auf der Dachfläche nach rechts oder links neigen und eben deshalb steht der Benützer nicht sicher. — Die Schweizer Dachleiter hat einen seitlichen, oben an dem rechten Leiterholmen befestigten Haken mit einer besonderen Spitze zum Einfahren unter die Dachziegel. Auch diese Leiter bietet dem Benützenden nicht die notwendige Sicherheit, insofern der Haken, dessen Länge, damit das Umdrehen unter einem Dachziegel möglich ist, höchstens gleich der Breite eines solchen Ziegels sein kann, sich leicht aushängt. — Die württembergische Normaldachleiter ist von Weisstannen- oder Fichtenholz, hat eine Länge von 2,3 m, eine Breite von 26 cm, im Licht gemessen. Die Holmen und Sprossen sind 50 mm breit, 22 mm dick, die Holmen oben auf ihre ganze Länge über die Sprossen hinweg auf 20 mm Breite mit Bandeisen beschlagen, das zugleich mit den etwas eingesetzten Sprossen durch Holzschrauben an die Holmen befestigt ist. Der Haken ist aus Schmiedeeisen erster Qualität gefertigt und besteht aus einem Stück. Oben an dem linken Holmen ist eine Vorrichtung zum Zurückschieben der

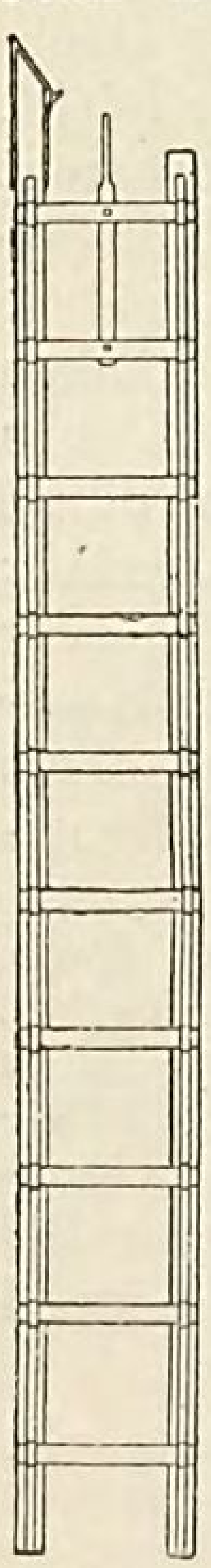


Fig. 1.



Fig. 2.

Dachziegel angebracht. Haken und Schiebvorrichtung haben die in Fig. 1 und 2 angegebene Konstruktion. Die Breite des Hakens beträgt 18 mm, seine Stärke 8 mm. Das Gewicht einer solchen Dachleiter darf nicht über 8 kg betragen.

Diese sich grosser Verbreitung erfreuende gute Leiter muss, senkrecht hängend, von einem kräftigen Mann bestiegen werden können, ohne dass der Haken irgend eine Veränderung erleidet. Der Feuerwehrmann hat beim Besteigen eines Gebäudes die Dachleiter auf der rechten Schulter mit dem Haken auswärts und der Schiebvorrichtung abwärts so zu tragen, dass der längere Teil der Leiter nach unten sieht. Oben auf der Anstellleiter angekommen, schiebt der erste Mann mit seiner Leiter die Dachplatte zurück, hängt die Leiter ein und steigt auf dieselbe; nun gibt ihm der zweite Mann seine Leiter, der erste hängt sie über und neben der bereits eingehängten ein und begibt sich auf die obere Leiter, worauf der zweite Mann von der Anstellleiter auf die untere Dachleiter vorrückt. Jetzt gibt der dritte Mann seine Leiter dem zweiten, dieser dieselbe dem ersten, welcher sie einhängt und, falls nicht eine weitere Dachleiter erforderlich ist, auf den Dachfirst steigt, worauf sich der zweite Mann auf die oberste, der dritte Mann auf die mittlere und ein vierter Mann von der Anstellleiter auf die untere Dachleiter begibt. Zwischen den einzelnen Dachleitern darf kein das Besteigen der folgenden Dachleiter erschwerender freier Zwischenraum vorhanden sein. Der erste Mann hat jede eingehängte Dachleiter, ehe er sie besteigt, abwärts zu ziehen, um sich zu überzeugen, dass die Leiter sicher hängt. Die oberste Dachleiter darf nicht über den First gehängt werden, sondern ist zwei bis drei Ziegelreihen unterhalb des Firstes einzuhängen.

Auf einer Dachleiter darf stets nur ein Mann stehen. Die Normalleiter kann auch bei Stroh- und Schindeldächern angewendet werden, indem man sie nur, den Haken nach abwärts gerichtet, unten an beiden Holmen zu fassen und den Haken so tief einzuschlagen hat, dass er fest steckt und die Leiter auf der Dachfläche ganz aufliegt. Dagegen taugt auch diese Leiter nicht für Schieferdächer; hier bleibt nur die Verwendung gewöhnlicher Schieferdeckerleitern und die Benützung der auf den Schieferdächern ohnehin vorhandenen Haken übrig. Innen verschalte Ziegeldächer lassen sich nur mit Dachsteckleitern, deren oberster Teil zwei Haken hat und über den Dachfirst zu liegen kommt oder mit Dachleitern gleich der Normalleiter besteigen, bei denen der Haken nur 16 cm lang ist. *Grosmann.*

Dachnasen, s. Dachfenster.

Dachneigung, auch Gefälle des Daches, die schräge Richtung der Dachflächen, ausgedrückt durch den Neigungswinkel oder durch das Verhältnis der Höhe zur Weite. Sie ist abhängig von dem Deckmaterial und dessen Dichtigkeit, sowie von dem Baustile des Gebäudes. In ästhetischer Hinsicht beachte man, dass flache Dächer leicht und gefällig erscheinen, hohe und steile Dächer dagegen schwer. Bezüglich der Konstruktion aber haben flache Dächer vermehrten Druck und starken Seitenschub, verlangen daher starke Querschnitte, während steile Dächer bei sehr geringem Seitenschub geringe Stärken ermöglichen. *Weinbrenner.*

Dachöhre, s. v. w. Dachboden, ein Dachraum, welcher zur Aufspeicherung von Vorräten, Getreide etc. benützt wird.

Dachpappe, auch Teer- und Steinpappe genannt, ist eine, namentlich als Dachdeckmaterial, aber auch sonst zu verschiedenen Zwecken verwendete, mit Teer getränkte oder aus mit Teer gemischtem Papierstoff hergestellte, an der Oberfläche mit Sand bestreute Pappegattung; s. Pappesorten.

Dachpfanne, s. Dachziegel.

Dachpfette, s. Dachstuhl (Bd. 3, S. 106).

Dachplatte, s. Biberschwänze und Dachziegel.

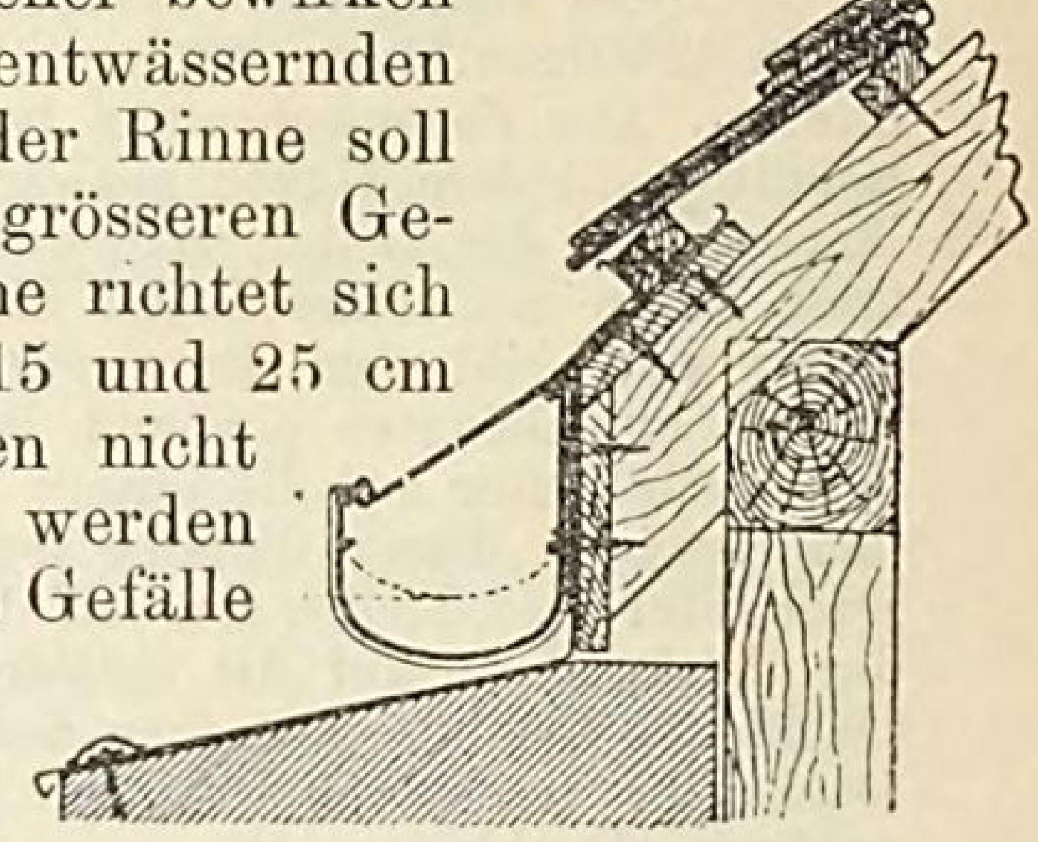
Dachraum, s. Dachgeschoss.

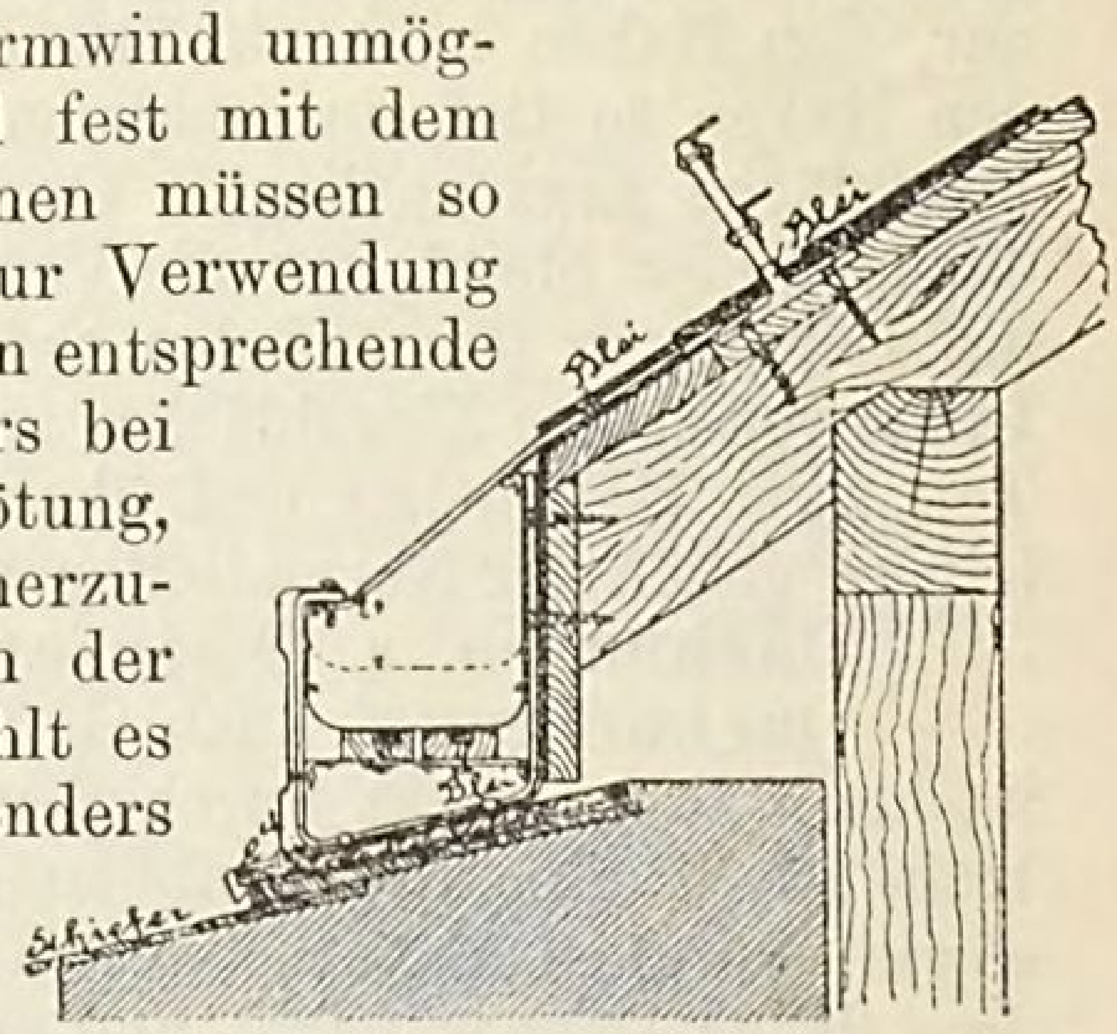
Dachrecht, Traufrecht. Jeder Eigentümer soll seine Dächer so einrichten, dass das Regenwasser auf seinen eigenen Grund und Boden oder auf die öffentliche Strasse abfliesst; er darf es auf den Boden seines Nachbarn nicht leiten, ohne dass dafür eine Dienstbarkeit rechtmässig bestehe. (Cod. Nap. 681.)

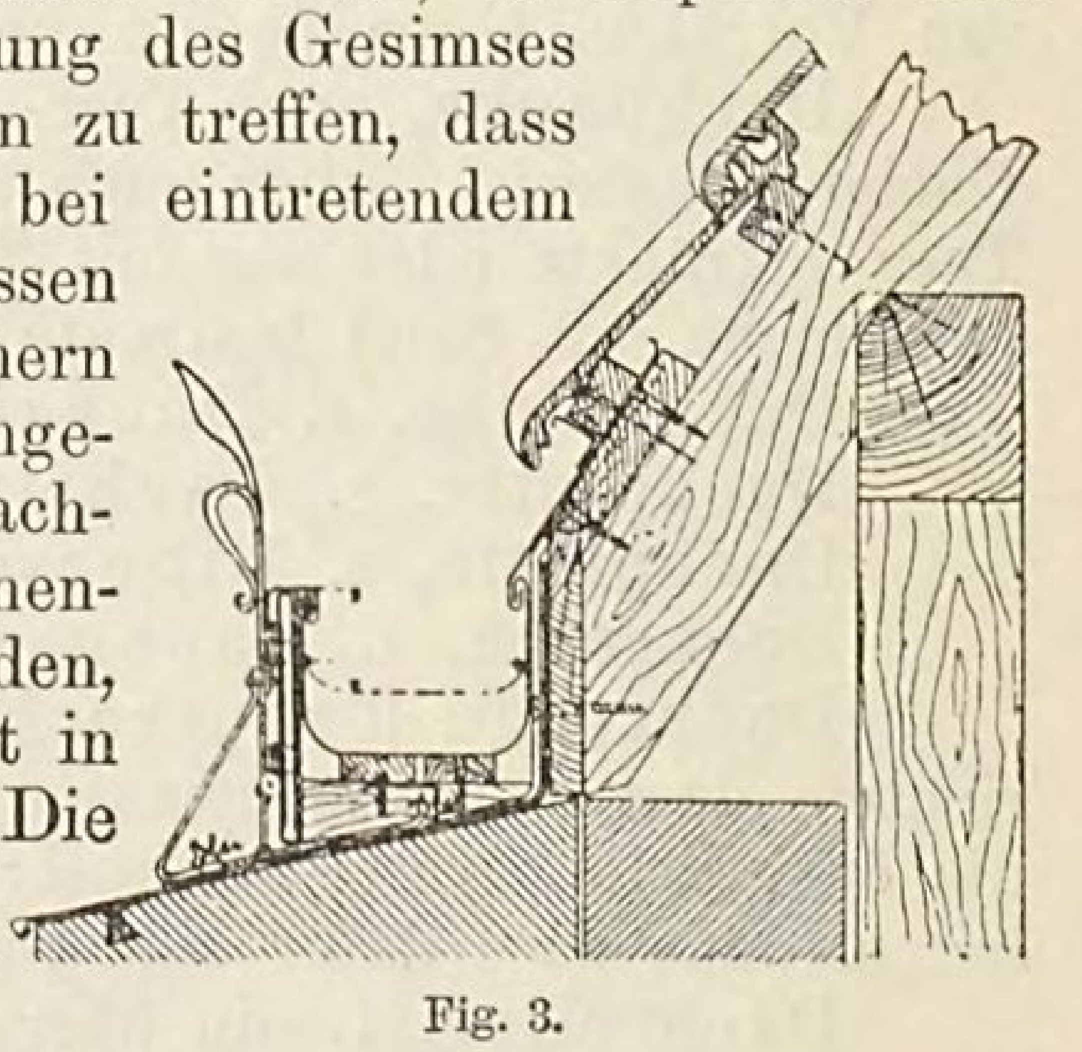
Dachreiter, 1. ein über den Dachfirst aufsteigendes Türmchen, zur Aufnahme einer Glocke oder Uhr, an öffentlichen oder Fabrikgebäuden. Er ruht meist auf dem Kehlgebälk mittelst Sprengwerk auf. Gegen die Einflüsse der Witterung muss er aufs sorgfältigste mit Metalldeckung versehen werden. 2. S. Dachstuhl.

Dachrinnen haben den Zweck, das von einem Dache ablaufende Wasser zu sammeln und einem gemeinschaftlichen Abfallrohre zuzuführen, ohne dass die Gebäudefront und die Umgebung des Gebäudes durch Traufwasser zu leiden

haben. Demnach muss jede Dachrinne im wesentlichen folgende Eigenschaften haben (vergl. preuss. Ministerialerlass vom 31. März 1887, Bestimmungen für die Konstruktion von Dachrinnen): 1. Einen genügenden Querschnitt, um selbst bei stärkstem Regen die Ableitung des Wassers sicher bewirken zu können; im allgemeinen rechnet man auf 1 qm zu entwässernden Daches 0,8—1,0 qcm Rinnenquerschnitt. Die Höhe der Rinne soll nicht weniger als 7 cm betragen, wobei man bei grösseren Gebäuden bis 10 cm hinaufgeht. Die Breite der Rinne richtet sich nach der Grösse, wird aber zweckmässig zwischen 15 und 25 cm sich bewegen. 2. Obwohl horizontal liegende Rinnen nicht als unter allen Umständen unstatthaft bezeichnet werden dürfen, wird es sich doch empfehlen, jeder Rinne ein Gefälle zu geben, um ein schnelleres Abfliessen und Auftrocknen herbeizuführen; meistens wird mit einem Gefälle von 1:125 bis 1:100 auszukommen sein. 3. Dem Querschnitt der Dachrinnen entsprechend muss das Abfallrohr gewählt werden. Meistens genügt es, wenn der Querschnitt des Abfallrohrs $^3/_4$ des Querschnittes der Rinne ist; doch darf, um nicht zu rasches Gefrieren im Winter zuzulassen, der Durchmesser nicht kleiner als 12 cm gewählt werden. 4. Um ein Abheben durch Sturmwind unmöglich zu machen, muss die Dachrinne sicher und fest mit dem Gebäude verbunden werden. 5. Die Dachrinnen müssen so gebaut sein, dass unter Berücksichtigung des zur Verwendung kommenden Materials eine den Temperatureinflüssen entsprechende Bewegung möglich bleibt. Daher sind, besonders bei Zinkblech, die Verbindungen nicht durch Lötung, sondern durch in einander greifende Falzungen herzustellen. 6. Um Ausbesserungen und Prüfungen der Dachrinnen leicht vornehmen zu können, empfiehlt es sich, dieselben zugänglich zu machen, was besonders bei hohen Gebäuden zweckmässig ist. 7. Es muss für eine haltbare Abdeckung des Hauptgesimses gesorgt werden, damit bei einem Ueberlaufen das Wasser oder bei einer Beschädigung der Rinne kein Eindringen des Wassers in den Dachraum, bezw. keine Durchnässung der nahe liegenden Gebäudeteile stattfindet. Zur Abdeckung des Hauptgesimses können Metallplatten oder Schieferplatten verwendet werden; es empfiehlt sich überdies, unter der Rinne eine besondere Belegung des Gesimses mit Metall vorzusehen. 8. Es sind Vorkehrungen zu treffen, dass eine Beschädigung der Dachrinnen durch die bei eintretendem Tauwetter vom Dache herabgleitenden Schneemassen nicht eintreten kann. Deshalb müssen bei Dächern mit mittlerer Neigung (25°—55°) Schneefänge angebracht werden. 9. Zur sicheren Verbindung der Dachrinnen mit dem Dache und zur Sicherung des Rinnenquerschnittes müssen Rinneisen verwendet werden, welche in Entfernungen bis zu 80 cm möglichst in Verbindung mit den Sparren anzubringen sind. Die in den Normalbestimmungen für die Konstruktion von Dachrinnen enthaltenen Musterrinnen *A—F* sind hier im Massstabe 1:125 vorgeführt und sei dabei folgendes bemerkt: Fig. 1 zeigt eine hängende Rinne ohne Verkleidung der vorderen Seite für kleinere Gebäude von höchstens 2 Stockwerken, weil diese Rinne von Leitern aus erbaut und nachgesehen werden muss. Die Abdeckung des Hauptgesimses ist durch Blech bewirkt. Fig. 2 zeigt eine aufliegende Rinne mit vorderer Verkleidung. Der unterste Teil des Rinneneisens ruht unmittelbar auf dem Hauptgesimse, das an der Traufe mit Schieferplatten, an dem hinteren Teile, auf dem die Rinne aufliegt, jedoch aus einer doppelten Lage Dachsteinen


Fig. 1.


Fig. 2.


Fig. 3.

und Zinkblech abgedeckt wird. Das darüberliegende Zwischeneisen muss einerseits das notwendige Gefälle herstellen und der Rinne selbst als Stütze, andererseits aber als Lager für zwei schmale Bretter dienen, die den Rinnenboden unterstützen sollen und ein Begehen der Rinne ermöglichen. Da bei Dächern mit der hier angenommenen Neigung Schneeablagerungen stattfinden, sind in entsprechender Entfernung von der Rinne Schneefänge angeordnet. Auch ist ein Verkleidungsblech vorgesehen, das oben durch Vorsteckbolzen, die in länglichen Löchern stecken, befestigt ist; der untere Teil wird durch angelötete an ösenförmigen Haltern frei bewegliche Blechstreifen gebildet, die auf dem Hauptgesimse aufliegen. — Fig. 3 zeigt eine Rinne mit vorderer Verkleidung (Allica) aus Wellblech für steile Dächer. Die Rinneneisen sind an der vorderen Seite durch Umbiegen abgesteift und mit der Verkleidung durch Nietung in Verbindung gebracht.

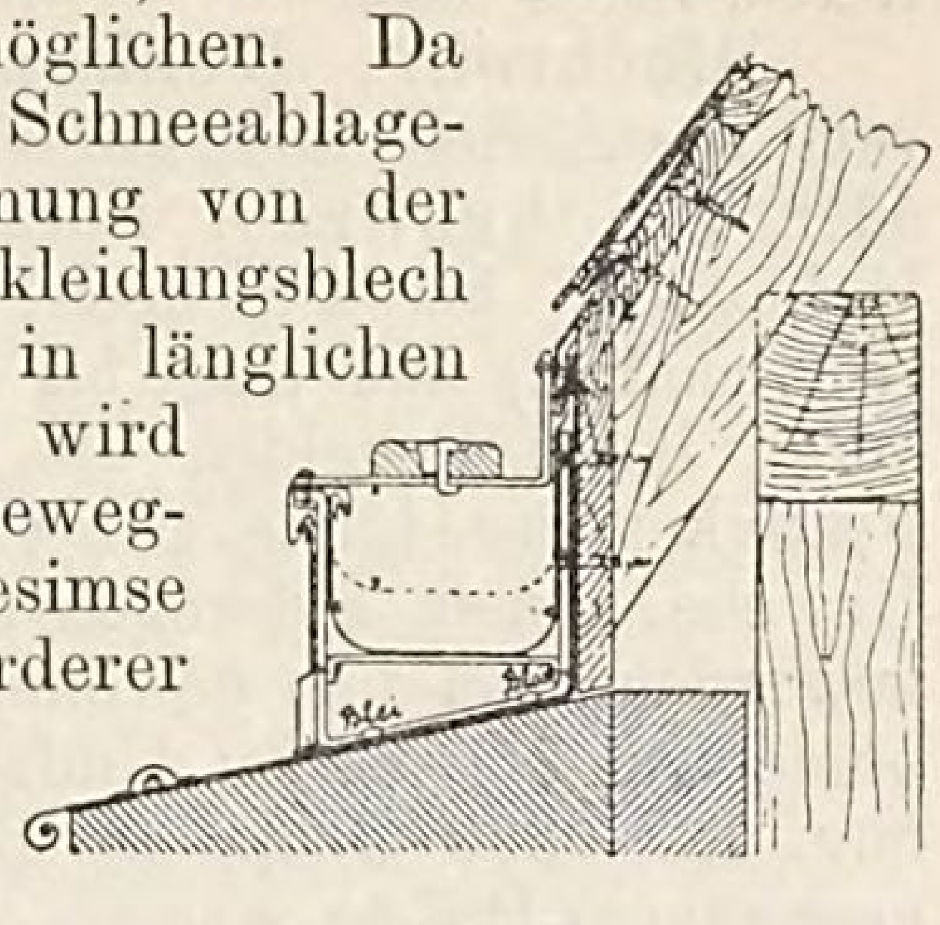


Fig. 4.

Der Boden der Rinne wird auch hier durch schmale Bretter unterstützt, die aber an Bohlenknappen festgeschraubt sind. Die Abdeckung des Hauptgesimses ist durch verzinktes Eisenblech bewirkt, welches an der vorderen Kante durch Halter, die in Entfernungen von mindestens je 60 cm angeordnet sind und mittelst keilförmigen Bleidübeln auf dem aus Haustein hergestellten Gesimse befestigt werden. Fig. 4 zeigt eine andere Rinnenkonstruktion für steile Dächer, bei dem die Verkleidung aus glattem, mit einfachen Gliederungen versehenem Blech bewirkt wird. Die Verbindung der auf dem durch Blech abgedeckten Hauptgesimse ruhenden Rinne mit der Dachschalung wird durch stark gekröpfte eiserne Halter bewirkt, welche mit den in der Dachschalung eingelassenen Vorstosseisen verschraubt sind. Auf diesen Haltern ruhen Laufbretter, die einerseits ein Betreten des Rinnenbodens überflüssig machen und andererseits die Rinne selbst vor einer Beschädigung durch den herabgleitenden Schnee schützen. Die Befestigung

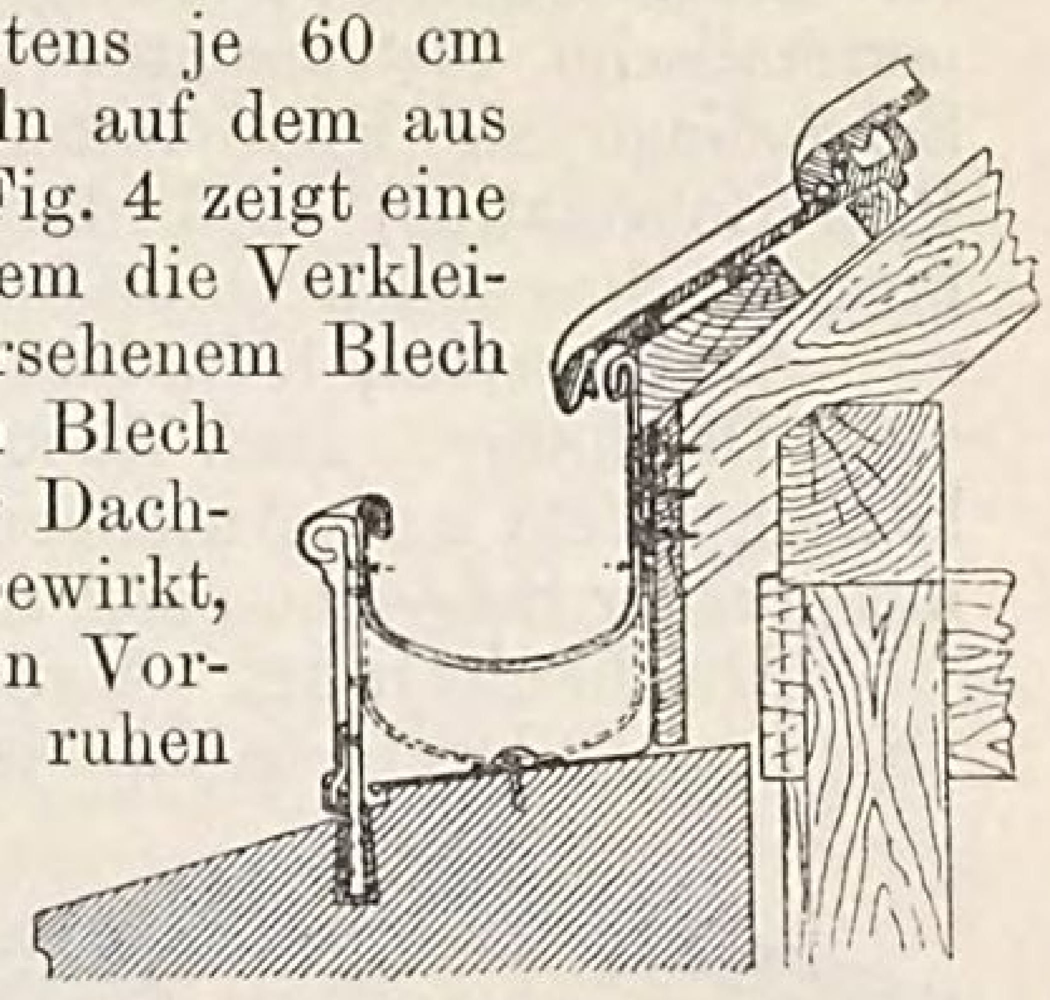


Fig. 5.

des Abdeckungsbleches geschieht hier durch Steinschrauben, die in Entfernungen von höchstens 60 cm angeordnet sein müssen. Zur Absteifung der Vorderkante des Abdeckungsbleches ist in den Falz desselben ein verzinkter Eisendraht eingelegt. Als Dachdeckungsmaterial ist hier Schiefer vorgesehen. Fig. 5 zeigt eine Rinnenkonstruktion, welche sich für solche Gebäude eignet, die den Stürmen besonders ausgesetzt sind. Die Vorderkante der Rinne ist durch eiserne Stützen geschützt, die in dem Hauptgesimse durch Verbleiung befestigt sind. Ist der Rinnenboden nach einem Korbbogen geformt, auch nicht durch eine Unterlage gestützt, so wird im allgemeinen bei einer Anordnung von Rinneisen in Entfernungen von nicht mehr als 60 cm eine Begehung der Rinne ohne besondere Gefahr stattfinden können. Die Befestigung des Verkleidungsbleches geschieht

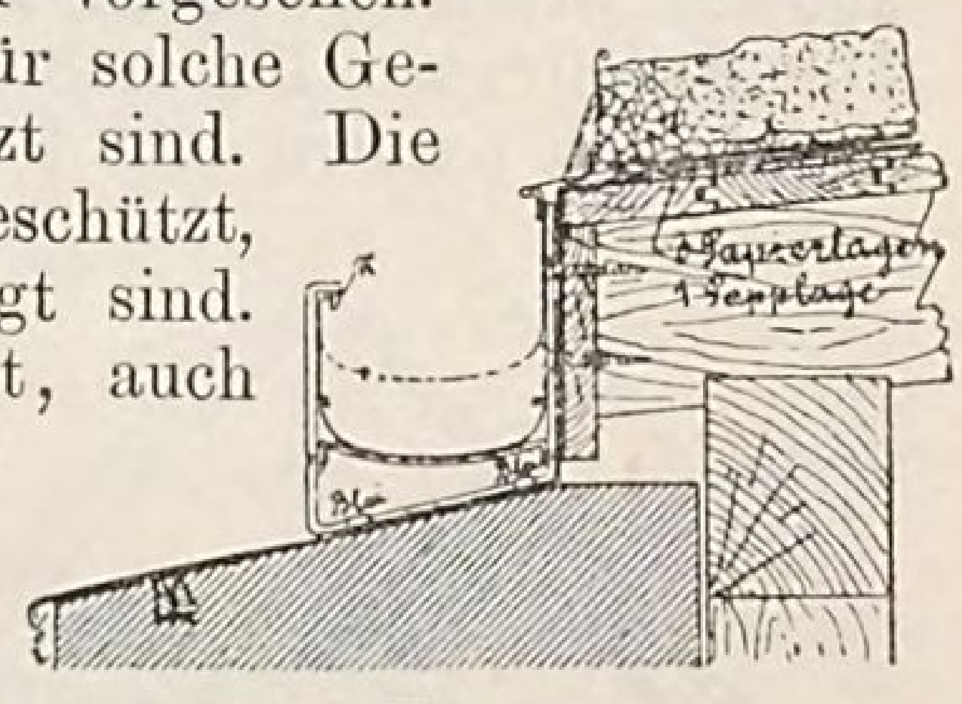


Fig. 6.

oben und unten durch Verfalzung. Eine Abdeckung des aus Hausteinen, die wetterbeständig sein müssen, bestehenden Hauptgesimses hat hier nur unmittelbar unter der Rinne stattgefunden. Fig. 6 zeigt eine Dachrinne für ein Holzzementdach, bei dem ein Begehen der Rinne in den meisten Fällen unnötig ist. Besonders muss hier für eine zweckmässige Verbindung des Abdeckungsbleches, wie auch der Rinne selbst, mit den aus Papier und Pappe hergestellten Holzzementschichten gesorgt werden. — Diese hier vorgeführten Normalkonstruktionen haben verschiedene Anfeindungen zu erdulden gehabt, unter denen die als Beilage zu dem Kalender für die deutsche Blechindustrie für 1888 am meisten Beachtung gefunden hat. Weiteres, auch über Wellblechdächer, Glasdächer, Sheddächer u. s. w. in Spezialwerken über Eisenkonstruktionen (s. d. Litteratur).

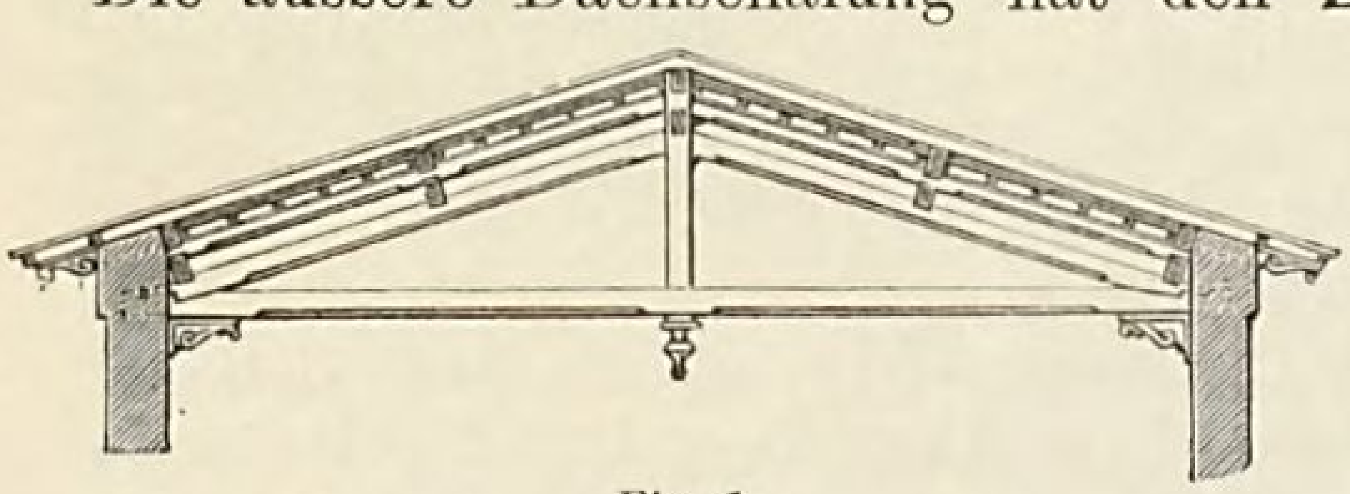
Litteratur: Breymann, Baukonstruktionslehre, Bd. 3, herausg. von O. Königer, Leipzig 1890. — Gottgetreu, Lehrbuch d. Hochbaukonstruktionen, Bd. 3, Berlin 1886. — Landsberg, Th., Die Glas- und Wellblechdeckung der eisernen Dächer, 1887; Baukunde des Architekten, Bd. 1, 1. Teil, Berlin 1890. *J. Hoch.*

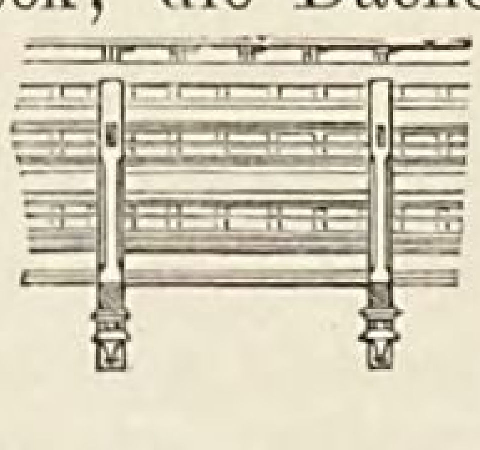
Dachrohr, Deckenrohr, einheimisches Rohr (zum Unterschied vom spanischen und italienischen Rohr) ist der Stengel (Halm) des Schilf- oder Teichrohres, Phragmites communis *Trin.* (Fam. Gramineae). Der Halm wird bis 4 m hoch, zerfällt durch Knoten in mehrere (hohle) Glieder (Internodien) und trägt bis zur Rispe die an den Knoten entspringenden Blätter, deren lange Scheiden die Glieder von den Knoten aufwärts umhüllen. Die Festigkeit des Halmes rührt von dem unter der Epidermis liegenden mechanischen Gewebe, einem Sklerenchymcylinder, her. — Sobald die Halme genügend dürr geworden, bei uns gewöhnlich im Winter, werden sie geschnitten und in Gebinde von 75—80 cm Umfang gebracht. Auf 1 ha Teich oder Seeufer schätzt man 120—300 Gebinde. Besonders lange und tadellose (nicht gebrochene und gespaltene) Halme werden als Dachrohr (25—35 %), die übrigen als Mauerrohr (50—60 %) gebunden; die Abfälle dienen als Streu. Die häufigste und wichtigste Verwendung ist die zum „Berohren" der Wände und Zimmerdecken (Plafonds), die mit Bewurf zu versehen sind; ferner dient es zum Dachdecken, zu Matten für Frühbeetfenster, zu grobem Flechtwerk, zu Mundstücken für gewisse musikalische Instrumente, zu Weberspulen, Feder- und Pinselstielen; junge Schösslinge als Pferdefutter. — Auch eine an Hanf erinnernde Faser (zur Papierfabrikation) wird daraus gewonnen. Es findet sich in stehenden und langsam fliessenden Gewässern auf der ganzen Erde. *T. F. Hanausek.*

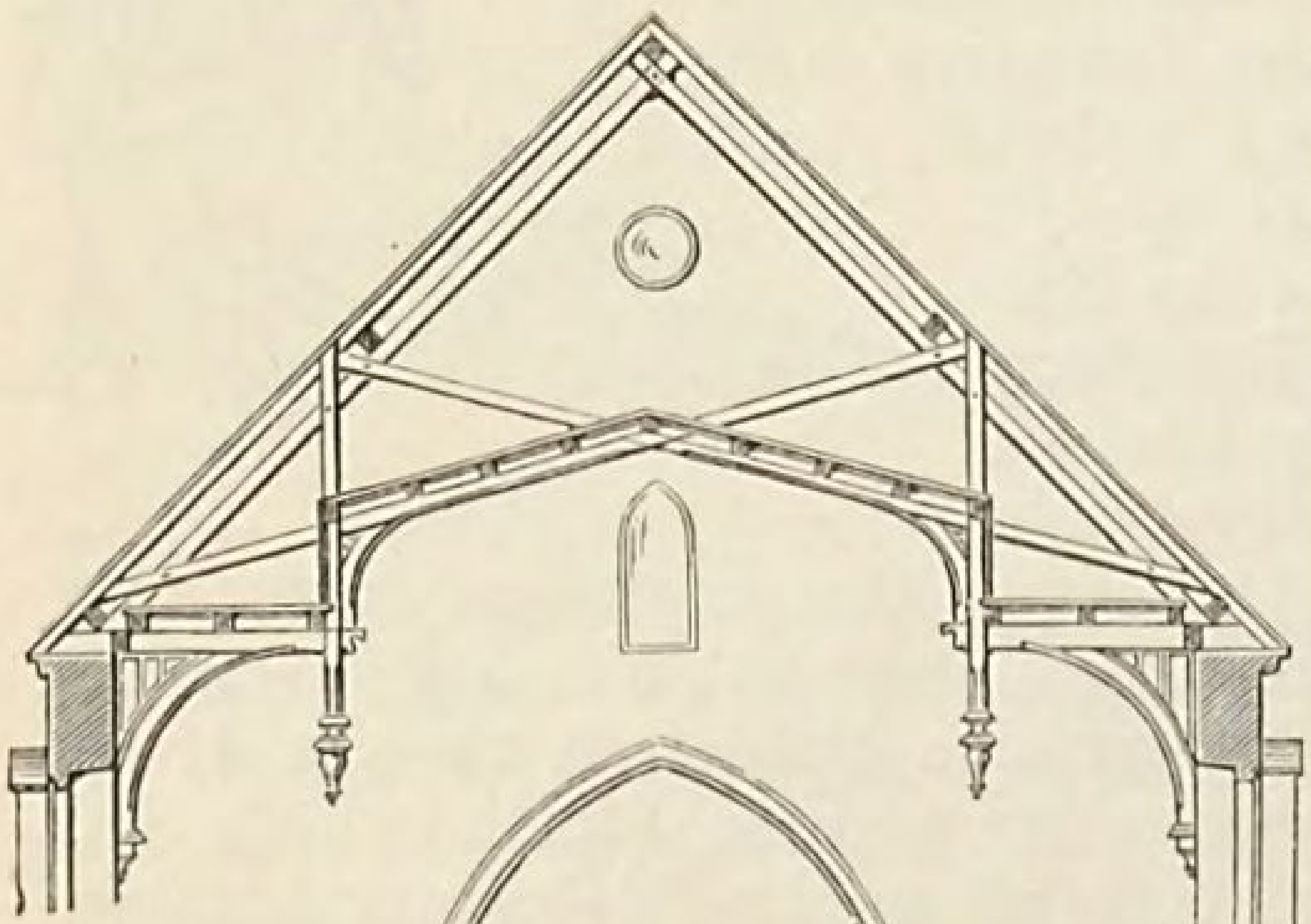
Dachsattel, 1. Sattelform des Daches; 2. s. v. w. Firsteindeckung; s. Dach.

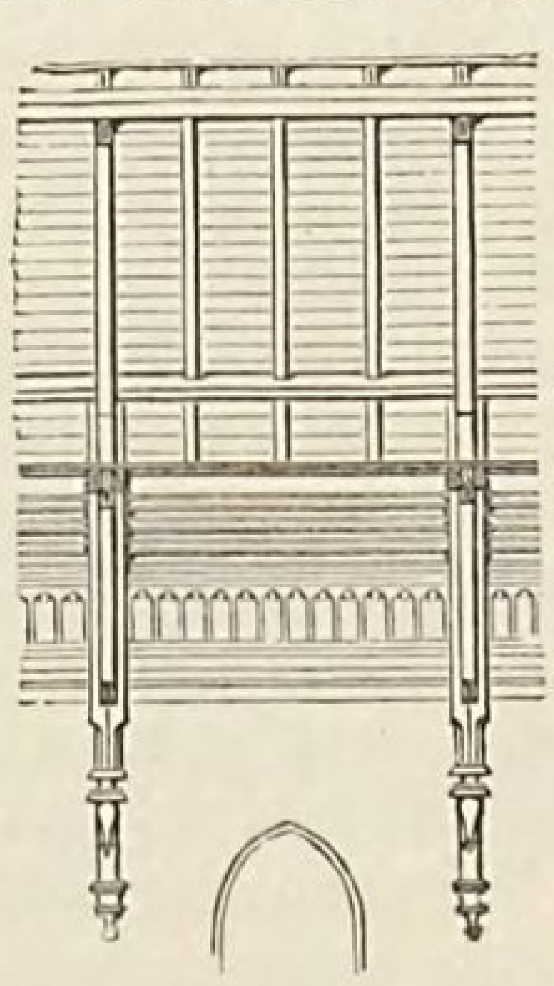
Dachsbeil, auch Dächsel, Beil mit rundlicher, quergestellter Schneide und kurzem Stiele zum Aushauen von Rinnen, Kehlungen u. s. w. — Breitdächsel, mit gerader Schneide, dient zum Entfernen von sogen. Ueberzähnen an Schalungen.

Dachschalung. Man unterscheidet die äussere und die innere Schalung. Die äussere Dachschalung hat den Zweck, die Dacheindeckung aufzunehmen, was vornehmlich bei der Deckung mit deutschem Schiefer, Metallblech, Dachpappe, Holzzement u. s. w. der Fall ist. Diese äussere Schalung besteht aus 2,5 — 3,0 cm starken Brettern, die einfach nur gefugt sind, d. h. stumpf an einander stossen. Die Schalbretter liegen bei den gewöhnlichen Dächern auf den Dachsparren auf und laufen parallel mit dem Dachsaum. Bei den Pfettendächern liegen sie auf den Pfetten auf, und zwar so, dass die Fugen vom First zum Dachsaum laufen. Die innere Dachschalung kann entweder aus Gründen der Zweckmässigkeit — um z. B. den Dachraum warm zu halten etc. — oder als Dekoration angewendet werden.


Fig. 1.


Fig. 1 a.


Fig. 2.


Fig. 2 a.

Dem ersten Zweck — dem der Zweckmässigkeit — dient die Innenschalung bei den Sheddächern, um die Wärmetransmission zwischen Aussen- und Innenluft und die damit verbundene Kondensation des Wasserdunstes mit ihren schädlichen Folgen zu verhindern. Dem zweiten Zweck — dem der Schönheit — dient die innere Dachschalung bei gewissen Kirchendächern (besonders bei den Basiliken). Man kann da zwei Hauptformen unterscheiden. Bei der einen Art schliesst sich die Schalung unmittelbar an das Dachgespärre an, lässt aber die Dachkonstruktion frei. Hier kommt manchmal zwischen Aussen- und Innenschalung noch eine Zwischenschalung vor

(Fig. 1 und 1 a). Bei der zweiten Art ist die Schalung unterhalb der Dachkonstruktion und nur mittelbar mit ihr im Zusammenhang. In diesem Falle kann die Schalung — bezw. die Decke — horizontal, schief oder auch gekrümmt (als Gewölbe-Imitation) ausgeführt sein (Fig. 2 und 2 a).

In beiden Fällen kann die Innenschalung mehr oder weniger reich dekorirt sein; besonders häufig wird die Kassettirung angewendet.

Litteratur: Gottgetreu, Lehrbuch der Hochbau-Konstruktionen, 2. Teil, Holzkonstr., Berlin 1882, S. 252—259, W. Ernst & Sohn, Verlag für Architektur u. techn. Wissensch. *Hans Guzmann.*

Dachschiefer nennt man in dünne und grosse, ebene, feste und harte Platten spaltbare Thonschiefer von sehr einheitlicher und feiner Beschaffenheit in Bezug auf Korngrösse der Gemengteile. Für den Tafelschiefer ist noch besonders eine dunkle, womöglich schwarze Färbung erwünscht.

In der Hauptsache ist der Dachschiefer als ein erhärteter und teilweise umkristallisirter Thon aufzufassen, wie er vom wenig bewegten Wasser als feinster Schlamm abgesetzt wird. Ein glimmerartiges Mineral nimmt an der Zusammensetzung des Thonschiefers den grössten Anteil und ist teils in dem ursprünglichen Thon schon vorhanden gewesen, teils ist es Neubildung. Dasselbe gilt für den beigemengten Quarz. Im ersten Fall erscheint der Quarz als feinstes Sandkorn, im zweiten füllt er in winzigster Form in unregelmässiger Weise Zwischenräume zwischen anderen Gemengteilen aus. Das glimmerartige Mineral, der vorherrschendste Gemengteil, tritt stets als feinstes, meist farbloses, winziges Schüppchen auf und ist in den meisten Fällen Muskovit. In anderen Fällen ist die Natur des äusserst feinschuppigen Gemengteils nicht sicher erkannt; er scheint ein wasserhaltiges Thonerdesilikat zu sein. Er liegt entweder parallel mit den Schichtflächen oder auch parallel mit der Schieferung. Im letzteren und häufigeren Falle wird man ihn meist als Neubildung aus der kieselsauren Thonerde (Kaolin) des thonigen Schlammes ansehen dürfen. Neben diesen beiden Gemengteilen tritt noch ab und zu Feldspat und dessen Umwandlungsprodukt Kaolin als ursprüngliche Beimengung, natürlich in unreinem, durch Eisenerzstaub meist getrübtem Zustand auf, ferner Chlorit. Als Neubildung ist besonders Rutil in feinen, dünnen Nädelchen von brauner Farbe zu erwähnen. Als ausserordentlich fein verteilte Zwischenmasse (Zement) zwischen dem glimmerartigen Gemengteil tritt häufig noch eine farblose, das Licht einfach brechende Substanz auf, die teils als amorpher Quarz, teils als ein Silikat gedeutet wird. Die schwarze Färbung vieler Dachschiefer wird durch eine ausserordentlich feine Beimengung von kohliger Substanz erzeugt, die wahrscheinlich aus der Verwesung von organischen Substanzen hervorging, wie sie mit dem feinen Thonschlamm in Form von abgestorbenen Tier- und Pflanzenresten zur Ablagerung gelangten. Die kohlige Substanz erscheint häufig als Körnchen und Schüppchen von Graphit und amorphem Kohlenstoff. Weitere Gemengteile, aber von untergeordneter Bedeutung, sind Turmalin, Eisenglanz (schwarzfärbend) und Goethit (letzteres färbt den Schiefer rot). Ferner ist Schwefelkies eine häufige, meist gut kristallisirte Neubildung, welche indes dem Dachschiefer nicht zum Vorteil gereicht [1].

Die Struktur der Dachschiefer ist eine feinkristalline. Die vorherrschenden Gemengteile, der Glimmer, sind mit ihren ebenen Flächen parallel der Schichtung oder zuweilen auch parallel der Schieferung angeordnet und verleihen dem Gestein auf diesen Flächen im reflektirten Licht einen zarten, seidenartigen Glanz, der den Querflächen vollständig fehlt. Vielfach ist eine feine Fältelung der ausserordentlich feinen, durch das glimmerartige Mineral erzeugten Schichtung zu bemerken. Die Spaltbarkeit beruht zum Teil auf der parallelen Lage des Hauptgemengteils, zum Teil auch auf Druckwirkungen (Faltung, Pressung), denen der Schiefer als Gebirgsglied ausgesetzt war und welche sich als sogen. transversale Schieferung unter mehr oder minder spitzem Winkel zur Schichtung in Form von dichtgedrängten Flächen geringerer Kohärenz äussern. In nicht seltenen Fällen ist Schichtung und Schieferung schwer von einander zu unterscheiden. Die Spaltbarkeit der Dachschiefer ist bei den an neugebildetem glimmerartigem Mineral reicheren Arten eine grössere als bei den an solchem ärmeren [2].

Ihrer chemischen Natur [3] nach zeigen die Dachschiefer wesentlich die Zusammensetzung eines an überschüssiger Kieselsäure (Quarz, ursprünglich als Quarzsand, Sand vorhanden) und etwas Feldspat reichen, meist eisenschüssigen Thones. Der Dachschiefer von Lehesten in Thüringen enthält: 59,99 % SiO_2, 16,29 % Al_2O_3, 13,42 % Fe_2O_3, 0,55 % CaO, 1,72 % K_2O, 3,84 % Na_2O, 2,71 % Glühverlust [2]; derjenige von Nuttlar bei Brilon (Westfalen) nach Fresenius 51,53 % SiO_2, 18,2 % Al_2O_3, 12,50 % Fe_2O_3 und FeO, 5,88 % CaO, 4,38 % MgO, 2,82 % H_2O. Das spez. Gew. liegt zwischen 2,5 und 3,0, meist um 2,6 und 2,7; es steigt besonders mit dem Erzgehalt. Die Härte des Schiefers schwankt um 3 herum.

Die Dachschiefer finden sich in den Thonschieferablagerungen fast aller vortertiärer Gebirgsformationen; die Dach- und Tafelschiefer von Glarus gehören sogar dem ältesten Tertiär an. Sie sind in den ältesten Formationen viel häufiger, weil die Thonschiefer hier einer bedeutenderen Umkristallisation und Neubildung des glimmerartigen Minerales durch Druck, Pressung und chemische Einwirkungen unterlagen. Besonders reich sind die Silur-, die Devon- und untere Steinkohlenformation (Kulm) an zu Dachschiefern verwendeten Thon-

schiefern, so z. B. im Urthonschiefer Sachsens, im Glimmerschiefer des Riesengebirges, im Silur des Erzgebirges und Fichtelgebirges; im Unterdevon (Hunsrückschiefer) des rheinischen Schiefergebirges, im Mitteldevon Westfalens, im Oberdevon des Sauerlandes; im Kulm (untere Steinkohlenformation) der Lahn- und Dillgegend, in Thüringen (Lehesten, hier geht die Spaltung der transversalen Schieferung parallel), Oesterreichisch-Schlesien und Mähren; im Lias (untere Juraformation) in den kleinen Karpathen u. s. w. — Brauchbare Dachschiefer müssen möglichst frei von Schwefelkies sein, weil dieser bei der Verwitterung sein Volumen vergrössert und den Dachschiefer sprengt. Der Nachweis des Schwefelkieses lässt sich an der Bildung von schwefliger Säure mit ihrem charakteristischen Geruch beim Rösten oder Glühen auf Kohle erkennen. Beträchtlicher Gehalt an Mangan- und Eisenoxydul sind der Verwendung ebenfalls hinderlich. Auch die Gegenwart von vieler kohliger Substanz ist ein Nachteil. Ihre Menge wird durch den Gewichtsverlust beim Glühen des Schiefers bestimmt. Die Gegenwart von kohlensaurem Kalk darf einen gewissen Betrag (15 %) nicht überschreiten. Schwefelkies- und Kalkspatbeimengung sprengen den Schiefer beim Brennen und Glühen. Die Porosität des Dachschiefers muss eine minimale sein; im Mittel beträgt sie 0,12 % seines Volumens. Die Wasseraufnahme beträgt im gesättigten Zustand etwa 0,5 % des Eigengewichtes. Risse und feine Spalten müssen fehlen, und der Stein soll beim Anschlagen hell klingen. Das in Risse und Poren eindringende Wasser würde beim Gefrieren den Stein sprengen. Das Vorhandensein von grösseren Quarzkörnern im Schiefer verbietet die technische Verwendung und hemmt besonders die Bohrung der Löcher, auch das Sägen, Feilen und Hobeln der Platten. Die Druckfestigkeit pro 1 qcm betrug im lufttrockenen Zustand 939 kg, im wassersatten 828 kg beim Dachschiefer von Nassau; im Mittel wird sie auf 790 kg angegeben. Für den Schiefer von Raumland bei Siegen wird die Zugfestigkeit auf 185 kg, die Biegungsfestigkeit auf 378 kg für 1 qcm Fläche angegeben. Alle diese Werte wechseln in verschiedener Weise, vor allem je nach der Richtung zur Schichtung und Schieferung. Die Wetterbeständigkeit des guten Dachschiefers ist eine sehr grosse; Dächer von 3—400jährigem Alter weisen kaum nennenswerte Veränderungen der Schiefer auf. Als vorzügliches Material gelten die rheinischen und die englischen (Nord-Cornwall) Dachschiefer; letzterer ist leichter als die deutschen [4]. Zur vorläufigen Prüfung auf Wetterbeständigkeit wird nach Fresenius ein 12 cm langes und 3 cm dickes Schieferstück in eine 1 cm hohe Wasserschicht in einem Glase gestellt. Ein guter Schiefer zeigt sich nach 24 Stunden nur einige Millimeter über der Wasserfläche feucht. Bringt man schweflige Säure hinzu, so verwittert schlechter Schiefer bald, während guter sich monatelang hält [5]. — Preise für deutschen Dachschiefer per qm 2—4 *M.*, versetzt am Dach 4—5 *M.*

Litteratur: [1] Zirkel, Lehrbuch der Petrographie, 2. Aufl., Leipzig 1894, III. 744. — [2] Kalkowsky, E., Elemente der Lithologie, Heidelberg 1886, 259. — [3] Roth, J., Allgemeine und chemische Geologie, Berlin 1887, II, 588. — [4] Gottgetreu, R., Physische und chemische Beschaffenheit der Baumaterialien, Berlin 1880, I, 47. — Knoch, A., Der Dachschiefer in der Baupraxis, Berlin 1895, II, 26. — [5] Industrieblätter 1890, 112. — Wenkenbach, Fr., Beschreibung des Bergreviers Weilburg, Bonn 1879, 117—23. *Leppla.*

Dachschifter (Schiftsparren), s. Dachstuhl (Bd. 3, S. 106).

Dachschindeln, Schindeln, sind die zur Dachdeckung und Bekleidung von Wänden dienenden, brettartigen Holzstücke, deren Breite 75—150 mm und deren Dicke 6—25 mm beträgt, während die Länge zwischen 3,3 m und etwa 1 m schwankt. Dieselben werden meistens aus Klötzen von Fichten-, Tannen-, Buchen- oder Eichenholz durch Spalten nach der Richtung der Spiegel hergestellt, so dass sie keilförmig an der einen Längskante etwas dicker als an der anderen ausfallen. Sie werden nach dem Spalten mit dem Schnittmesser beschnitten, die dünnere Längskante wird beiderseits geschärft und in die dickere Kante eine entsprechende Furche eingerissen, in welche nachher bei ihrer Verlegung die benachbarte Schindel mit ihrer scharfen Kante eintritt. Zur schnelleren und besseren Zurichtung der Schindeln bedient man sich auch besonderer Vorrichtungen und Maschinen [1].

Litteratur: [1] Karmarsch, Mech. Technologie, 5. Aufl., Hannover 1875. *Herrmann.*

Dachseite, die äussere Seite eines Sparrens, auf welcher die Lattung oder Schalung für die Eindeckung befestigt wird.

Dachsparren, s. Dachstuhl (Bd. 3, S. 105).

Dachspliesse, Dachspan, südd. Dachschindel: 1. ein aus besonders spaltbarem astlosem Tannenholz hergestelltes Deckmaterial; 2. Zwischenlage unter die Stossfugen des einfach eingedeckten Ziegeldachs, von 25 cm Länge, 5 cm Breite und 3 mm Dicke. S. Ziegeldach und Biberschwänze.

Dachsteinkalk werden (nach dem Dachsteingebirg) in der Geologie Kalksteine der obern Trias der Alpen (Rhät) genannt, welche über dem Hauptdolomit liegen und durch eine Megalodusmuschel als Leitfossil charakterisirt sind. Die Kalksteine sind meist hell, weiss, gelb oder grau, auch wohl rötlich gefärbt, dünnplattig und deutlich geschichtet, dicht bis feinkörnig und enthalten oft Kiesel- und Hornsteinknollen, in einigen Fällen auch mergelige Zwischenlagen; wenn dolomitisch und reich an Korallen, dann ist die Schichtung undeutlich und die Kalke werden riffartig. Ihre Verwendung ist im allgemeinen eine untergeordnete; gewisse Vorkommen aus den bayerischen und österreichischen Alpen dienen als Werk- und Dekorationssteine, andere zur Bereitung von Weisskalk. *Leppla.*

Dachstock, 1. südd. für Dachgeschoss; 2. Holzstab aus Haselruten u. dergl. zum Befestigen der Schauben des Strohdaches, sowie zum Anfertigen der Lehmschindeln (s. d.).

Dachstroh, s. Strohdach.

Dachstube, bewohnbarer Raum in einem Dachgeschoss (s. d.).

Dachstuhl ist der zweite Hauptteil eines Daches, und zwar der tragende Teil, die sogen. Tragkonstruktion, das Dachgerüste. Nach dem Materiale, aus welchem der Dachstuhl der Hauptsache nach besteht, unterscheidet man Holzdachstühle, Eisendachstühle und gemischte oder mit Eisen armirte Holzdachstühle. Für die Wahl des Materiales sind besonders massgebend die Spannweite, die Feuersicherheit und der Kostenpunkt. Für die Konstruktion eines Dachstuhles ist von besonderer Wichtigkeit:

a. Die Dachform im allgemeinen, und unterscheidet man in diesem Sinne:
 α. Dächer mit ebenen (und schwach gekrümmten windschiefen) Dachflächen (gewöhnliche Pult-, Sattel-, Walm-, Pyramiden- oder Zeltdächer).
 β. Dächer mit gebrochenen ebenen Dachflächen (Mansardedächer).
 γ. Dächer mit krummen Dachflächen, solche mit Kegel-, Cylinder-, Rotationsflächen — die Kegel-, Kuppel-, Zwiebeldächer etc.

b. Die Dachneigung, d. h. die Grösse des Neigungswinkels der Dachflächen gegen den Horizont. Man unterscheidet da zwischen steilen und flachen (italienischen) Dächern. Die Dachneigung hängt vornehmlich von der Art der Dacheindeckung ab.

c. Die Dachbelastung, speziell ob der Dachstuhl ausser der gewöhnlichen Dachlast (Eigengewicht, Schnee und Winddruck) auch noch eine andere Last zu tragen hat, z. B. eine Decke, eine Wand.

d. Der Umstand, ob der Dachraum so viel als möglich frei bleiben muss oder ob Konstruktionsteile ungehindert durchgelegt werden können.

Holz-Dachstühle.

Im allgemeinen wird jeder Dachstuhl aus einer Reihe von Traggerüsten, Gebinden, Gespärren gebildet, die in entsprechenden Entfernungen von einander stehen und auf denen unmittelbar die Dachlattung, bezw. die Dachschalung befestigt ist, welche dann die eigentliche Dacheindeckung (s. Eindeckung) trägt. — Ein jeder Holzdachstuhl besteht aus einer mehr oder weniger grossen Anzahl von Konstruktionsteilen — zumeist vierkantigen Balken — deren Namen, Zweck und Querschnittsdimensionen aus nachfolgender Zusammenstellung zu entnehmen sind. Die beigesetzten Buchstaben sind übereinstimmend mit jenen, welche in den folgenden Dachstuhl-Skizzen die entsprechenden Konstruktionsteile bezeichnen.

1. Sparren (Sp.). Gegen den Horizont unter der Dachneigung gelegen; zur unmittelbaren Aufnahme der Dachlattung oder Dachschalung bestimmt. Sie werden auf Biegung

beansprucht und liegen daher hochkantig. Ihre freitragende Länge soll 5 m nicht überschreiten; ihr Querschnitt ist in der Regel 13/16 cm, bei kleineren Spannweiten 10/13 cm. — Die Sparren sind am First mittelst des einfachen Scherzapfens („Zapfen und Gurgel“, „Mandel und Weibel“) verbunden, manchmal nur durch einfache „Ecküberblattung“ (s. den Artikel Ueberblatten). — Gratsparren nennt man jene Sparren, welche, von den vorspringenden Ecken der Gebäude ausgehend, in der „Gratebene“ des Daches liegen. — Ixensparren (Kehlsparren) sind die von den einspringenden Winkeln der Gebäude ausgehenden und in der „Ixenebene“ (Kehlebene) des Daches liegenden Sparren. — Anfallsparren gehen vom Anfallpunkt der Walmdächer aus. — Die an die Grat- und Ixensparren sich anschliessenden abnormalen, kürzeren Sparren (Sparrenstücke) bezeichnet man mit eigenen Namen und zwar die an die Gratsparren anstossenden mit „Schiftsparren“, kurzweg „Schifter“, die auf den Ixensparren aufsitzenden mit „Reitsparren“, kurzweg „Reiter“.

2. Bundtram (B.T.). Binderbalken, Bundbalken, auch Dachbalken, Dachbinder. Horizontal in der Sparrenebene liegender, durch die ganze Weite des Dachstuhles von einer zur andern Mauerbank ununterbrochen durchlaufender Balken. Er bildet die Basis des „Dachgespärr-Dreieckes“; hat den Zweck, den Sparrenschub aufzunehmen und wird deshalb auf Zug und ausserdem auch auf Biegung beansprucht, daher hochkantig gelegt. Sein Querschnitt schwankt zwischen 13/16 bis 24/29 cm für Spannweiten von 5—20 m. — Er kommt nur in den sogen. Bundgespärren vor; in den Leergespärren wird er durch „Stiche“ und „Wechsel“ (siehe Auswechseln, Wechselbalken) ersetzt. Laufen die Bundtrame in jedem Gespärre durch, so hat man einen „Dachstuhl mit durchlaufenden Bundtramen“ oder einen „Dachstuhl mit Vollgespärren“. Die Sparrenfüsse werden in den Bundtram eingezapft. In manchen Fällen dienen die Bundtrame zugleich auch als Deckenträger. Dies ist nicht zu befürworten und zwar vornehmlich wegen Feuersicherheit nicht, indem in Rücksicht auf diese der Dachstuhl und die Decke des obersten Geschosses vollkommen getrennt sein sollen. Mit den Namen Grattrame (Gratbinder), Ixentrame (Ixenbinder), Anfalltrame (Anfallbalken) bezeichnet man die in der Ebene der betreffenden Sparren liegenden Bundtrame. Es gibt auch Holzdachstühle ohne Bundtrame, indem entweder durch entsprechende Anordnung der anderen Konstruktionsteile der Bundtram überflüssig wird oder indem man ihn durch eine eiserne Zugstange ersetzt.

3. Mauerbank (M.B.). Mauerlatte. Auf den Hauptmauern (ca. 5—10 cm von der Innenkante entfernt) aufliegend; durch die ganze Länge und Breite, bezw. um den ganzen Umfang des Gebäudes reichend, den Bundtramen und Stichen zum Auflager dienend. Der Hauptzweck der Mauerbank ist, den Vertikaldruck des Gespärres auf eine entsprechend grosse Mauerfläche zu verteilen und so die Spannung pro Flächeneinheit des Mauerwerkes zu verringern. Bei sehr schweren Dachstühlen und solchen von grosser Spannweite wendet man oft zwei parallel neben einander laufende Mauerbänke an. Der Querschnitt der Mauerbänke schwankt zwischen 13/16 bis 16/19 cm; sie liegen flachkantig. Die Bundtrame und Stiche sind auf die Mauerbänke aufgekämmt.

4. Kehlbalken (K.B.). Horizontal und in der Sparrenebene, ein wenig über der halben Dachhöhe liegend, in die Sparren eingezapft. Sehr häufig werden Kehlbalken als „Zangenhölzer“ („Doppelzangen“, s. d.) ausgeführt, welche die Sparren umfassen und mit ihnen durch Schraubenbolzen verbunden sind. Der Querschnitt des Kehlbalkens ist gleich dem Sparrenquerschnitte und auch hochkantig liegend.

5. Hahnenbalken (H.B.) Hainbalken, Spitzbalken. Ein in der Nähe des Dachfirstes angebrachter kurzer Kehlbalken.

6. Pfetten (P.). Parallel zum Dachsaum und First, also horizontal laufende Balken, auf welchen die Sparren zumeist unmittelbar aufliegen. — Nach der Höhenlage im Dachstuhl unterscheidet man First-, Mittel- und Fusspfetten. Die Querschnitte mancher Pfetten sind nicht selten anders als rechteckig, häufig fünfeckig. — Hierher gehören auch die Rahmhölzer (R.H.) oder Stuhlrähme, welche auf die Stuhlsäulen aufgezapft sind.

7. Stuhlsäulen (St.S.). Stehen auf den Bundtramen und unterstützen die Pfetten, bezw. die „Rahmhölzer“; werden auf Druck beansprucht. Der Querschnitt schwankt zwischen 16/16 bis 21/21 cm. Man unterscheidet stehende, d. h. vertikale, dann liegende, d. h. schief gestellte Stuhlsäulen und dementsprechend auch stehende und liegende Dachstühle.

8. Streben (Str.). Gegen den Horizont geneigt, zur Herstellung eines möglichst vollkommenen, das ganze Gespärre umfassenden Dreiecksverbandes dienende Hölzer. Sie werden auf Druck beansprucht. Ihr Querschnitt schwankt zwischen 16/21 bis 18/21 cm.

9. Kopfbänder (Ko.B), Kopfbüge. Kurze, unter 45° gegen den Horizont geneigte Hölzer, zumeist zur Absteifung zwischen Stuhlsäule und Pfette (Pfettenbüge) oder zwischen Stuhlsäule und Kehlbalken (Sturmbänder) dienend. Querschnitt gewöhnlich 9/12 bis 10/13 cm.

10. Zangen (Z). Zangenhölzer, Doppelzangen. Stets paarweise vorkommende, verschiedene Konstruktionsteile umfassende und zusammenhaltende, auf Zug, seltener auf Biegung beanspruchte Halbhölzer oder Pfosten (Bohlen), z. B. bei Kniedachstühlen die Sparren mit den Streben und Stuhlsäulen verbindend. Der Querschnitt zwischen 2.8/20 bis 2.10/20 cm.

11. Hängsäulen (H.S.). Hängstreben (H.St.), Spannriegel (S.R.) Bei Dachstühlen mit Häng- und Sprengwerken vorkommende Konstruktionsteile.

12. Windlatten (W.L.) Windrispen, Strebeschwert, Schwertschwarte. Schwache Hölzer, welche vornehmlich bei Dachstühlen mit schwachem Längenverband vorkommen, also z. B. beim „leeren Dachstuhl“. Sie sind schief zum Horizont, von den Sparrenfüssen gegen den Dachfirst laufend, an der Unterseite der Sparren befestigt und halten die Gespärre in der normalen Entfernung von einander.

13. Drempelwand (D.W.). Kniewand, Kniestockwand. Auf einem Absatz der Haupt- oder Frontmauer aufstehende und an die Drempelmauer oder Kniestockmauer dicht

anschliessende Holzwand. Besteht aus Schwellen, Säulen, Riegeln etc. und ist oben durch einen *Kappbaum* abgeschlossen, der zugleich auch als Mauerbank dient. Hat den Zweck, die Höhe des Dachgeschosses (des Kniestockes) zu vergrössern, bei den sogen. Kniestock-Dachstühlen.

In Fig. 1—10 sind die wichtigsten, bezw. die am häufigsten angewendeten Holzdachstuhl-Systeme — also die Sattel- und Pultdächer mit geraden Sparren und ebenen Dachflächen — in schematischen Skizzen veranschaulicht. Aus denselben ist die Konstruktion im allgemeinen und zugleich auch die Anordnung der einzelnen (entsprechend bezeichneten) Konstruktionsteile zu ersehen. Bei der nunmehr folgenden Besprechung der verschiedenen Dachstühle, werden wir uns auf die gebräuchlichsten Systeme und auch bei diesen auf das Notwendigste beschränken. Zu eingehendem Studium sei auf die am Schlusse sub [1] bis [15] angegebene reichhaltige Litteratur verwiesen. Wir unterscheiden:

A. *Satteldächer mit Giebel:*

I. Solche *mit Balkenlage* (Bundtrame), geraden Sparren, mit und ohne Kniestock.

II. Solche *ohne Balkenlage:*

a. *Bohlendächer* mit gekrümmten Sparren, c. *Hallendächer,*
b. *Polygonaldächer,* d. *Kirchendächer.*

B. *Pultdächer* mit Giebel, geraden Sparren, mit und ohne Kniestock. — C. *Walmdächer.* — D. *Zelt-, Turm- und Kuppeldächer.*

In Bezug auf die Unterstützungsart der Sparren bei den Sparrendächern unterscheidet man *Kehlbalkendächer* und *Pfettendächer,* deren nähere Beschreibung später folgt. — Nach der Art der Tragkonstruktion, durch welche die Sparren, bezw. die Pfetten bei Dächern von grösserer Spannweite unterstützt werden, unterscheidet man: *Dächer mit Stühlen, Hängwerken, Sprengwerken, vereinigten Häng- und Sprengwerken.* — Dächer mit Grundrissformen ohne einspringende Winkel heissen — wegen Einfachheit ihrer Dachstühle — *einfache Dächer;* solche mit anderen Grundrissformen dagegen *zusammengesetzte Dächer.*

Einfache Sattel- und Pultdächer mit Balkenlagen.

Die Kehlbalken-Dächer. Bei diesen werden die Sparren der Leergespärre durch Kehlbalken, Spitzbalken und am Fuss durch die Stiche gestützt. Hierher gehören folgende Dachstühle:

Leerer Dachstuhl (Fig. 1). Nur Sparren und Bundtrame, dann Stiche und Wechsel. Bis zu Spannweiten von ca. 7 m. — *Kehlbalken-Dachstuhl* (Fig. 2). Die Sparren durch einen Kehlbalken gestützt. Zwischen Kehlbalken und Bundtram soll ca. 1,9 m freie Höhe bleiben; darnach ergibt sich die Lage des Kehlbalkens. — *Stehender Dachstuhl* (Fig. 3). Man hat Dächer mit

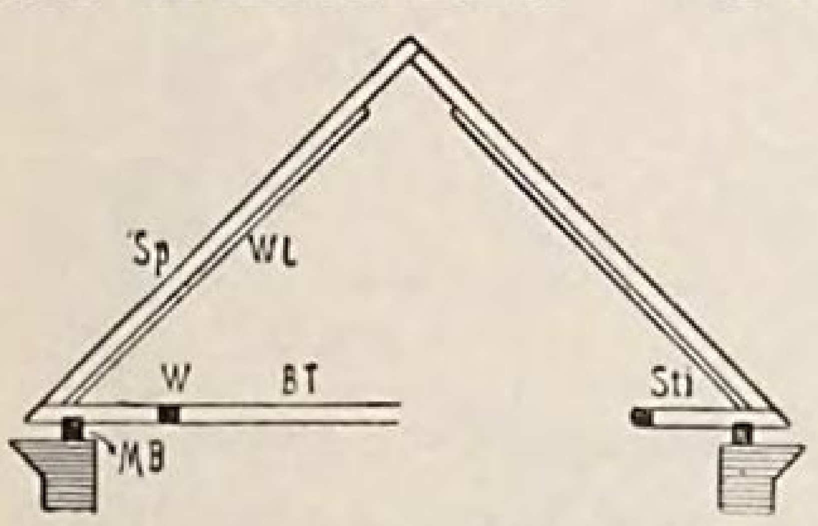


Fig. 1. Leerer Dachstuhl.

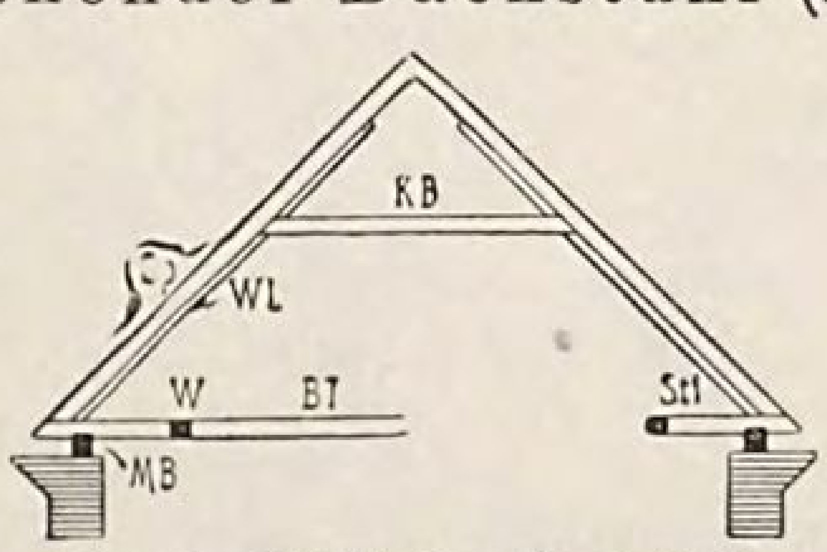


Fig. 2. Kehlbalken-Dachstuhl.

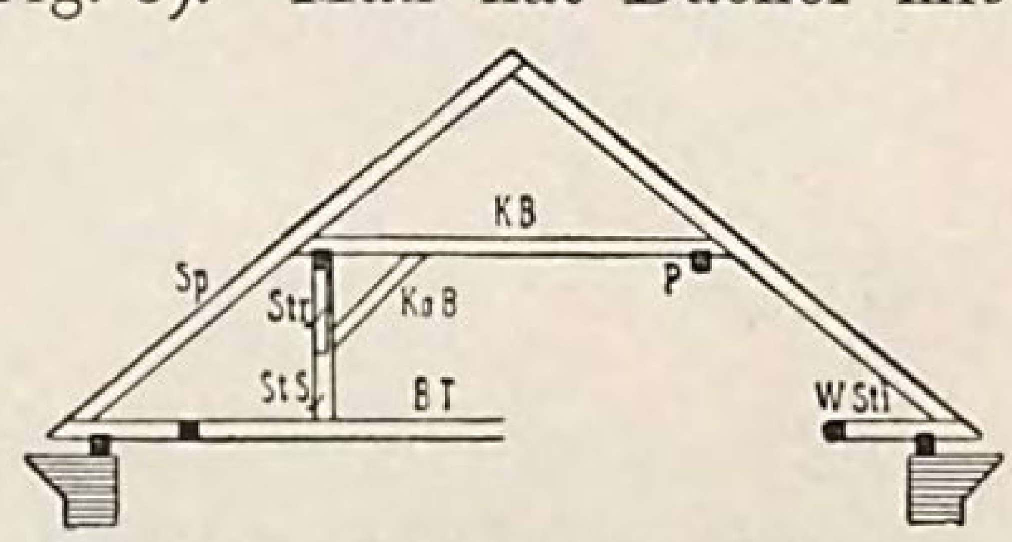


Fig. 3. Stehender Dachstuhl.

einfachen, zweifachen und dreifachen stehenden Stühlen. Der zweifache Stuhl wird am häufigsten angewendet, weil er den mittleren Teil des Dachraumes freilässt für Wohnungen und Magazin. — Bei grösseren Spannweiten wird der Kehlbalken durch Kopfbänder abgesteift. Maximale Spannweite ca. 15 m. — *Liegender Dachstuhl* (Fig. 4). Die liegenden Dachstühle werden angewendet, um den freien Dachraum so gross als möglich zu gestalten. Sie erfordern aber grössere Querschnittsdimensionen der Hölzer, werden deshalb schwer; ausserdem ist das Abbinden, besonders aber das Auswechseln sehr schwierig. Deshalb werden sie in neuerer Zeit nur selten angewendet. Die obige Konstruktion genügt bis zu 16 m Spannweite. — *Satteldach mit Kniestock* (Fig. 5). Das Charakteristische dieses häufig angewendeten Dachstuhles ist, dass die

Sparren nicht direkt mit dem Bundtram verbunden sind, sondern durch eine Zwischenkonstruktion. Diese besteht zumeist aus einer, zwischen Bundtram und Kehlbalken eingeschalteten, schiefen Strebe, an welche sich Zangenhölzer anschliessen, die den Sparrenfuss halten. — Pultdachstuhl mit Kniestock (Fig. 6). Bei Pultdächern ist die Firstpfette, welche von einer First-Bundwand getragen wird, besonders wichtig, indem sie dem Ganzen die notwendige Steifigkeit und Stabilität gibt. Die Unterstützung der Sparren

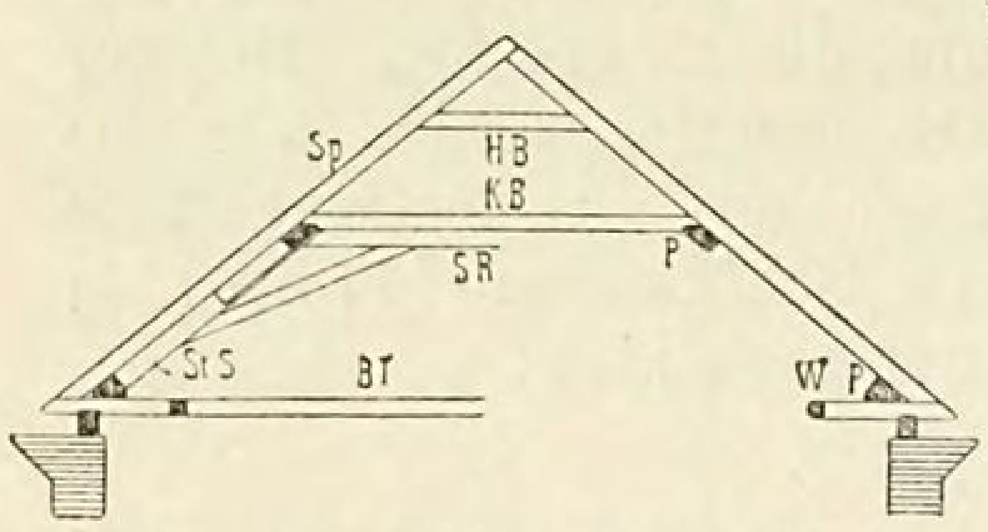


Fig. 4. Liegender Dachstuhl.

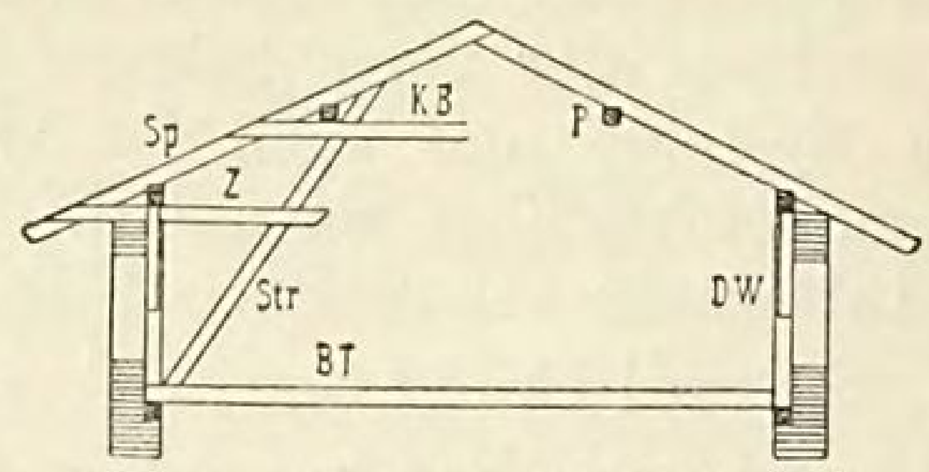


Fig. 5. Satteldach mit Kniestock.

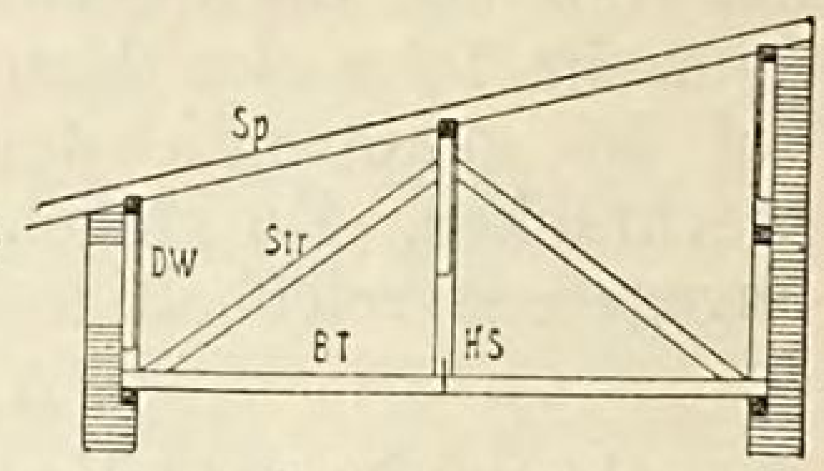


Fig. 6. Pultdach mit Kniestock.

kann durch Kehlbalken oder Mittelpfetten geschehen, welch letztere wieder durch eine Tragkonstruktion gehalten werden. — Die Pfetten-Dächer. Bei diesen Dächern bestehen die Leergespärre nur aus einem einfachen Sparrenpaare, welches auf einer entsprechenden Zahl von Pfetten lagert, die ihrerseits durch das als Bundgespärre dienende Traggerüste verschiedenster Konstruktion getragen wird. — Pfettendach mit Tragsparren (Bockpfetten-Dachstuhl, Fig. 7). Jedes Bundgespärre besteht aus einem einfachen Kehlbalkendach-Binder, dessen

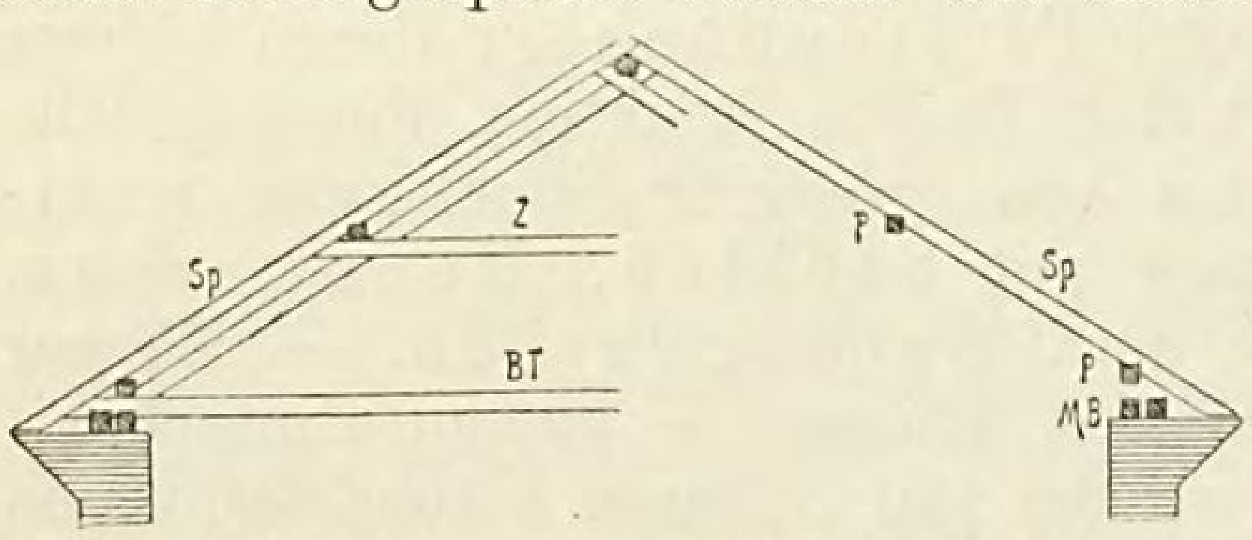


Fig. 7. Pfettendach mit Tragsparren (Bockpfettendach).

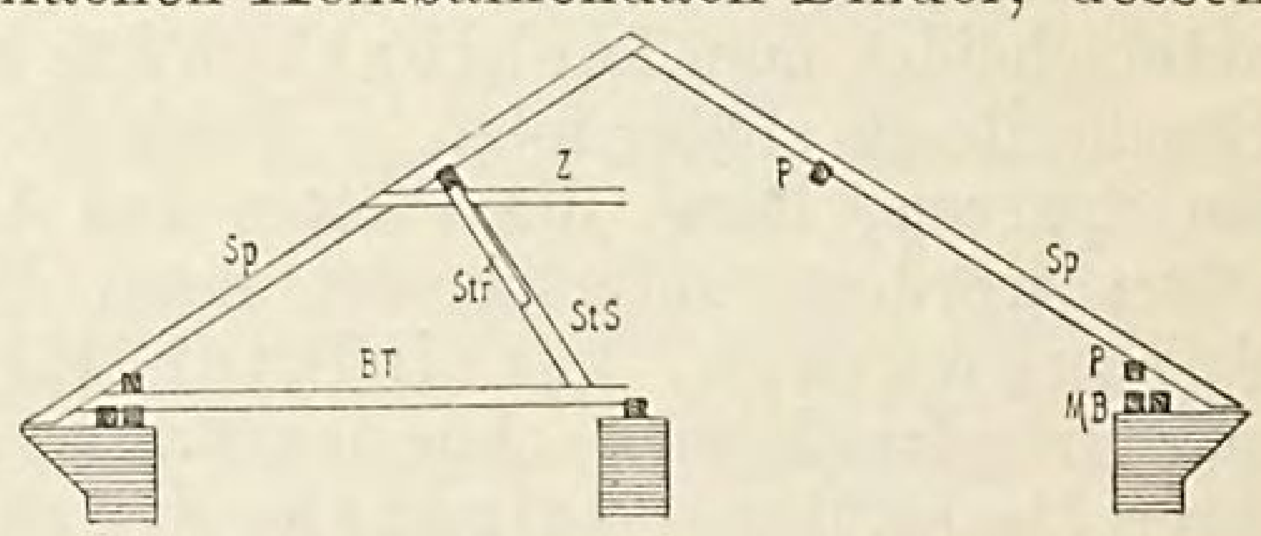


Fig. 8. Liegender Pfettendachstuhl.

Sparren (Bockstreben) stärker dimensionirt und dessen Kehlbalken als Zangenhölzer ausgeführt sind. Auf diesen Bundgespärren liegen dann die First-, Mittel- und Fuss-Pfetten auf, welche die einfachen Sparrenpaare der Leergespärre tragen. — Liegender Pfettendachstuhl (Fig. 8). Die Stuhlsäulen stehen senkrecht auf den Sparren. Zangenhölzer umfassen unmittelbar unter den Zwischenpfetten die Stuhlsäulen und die Sparren des Bundgespärres. Diese Konstruktion ist bei solchen Dachstühlen am Platze, wo der Bundtram durch eine Mittelmauer

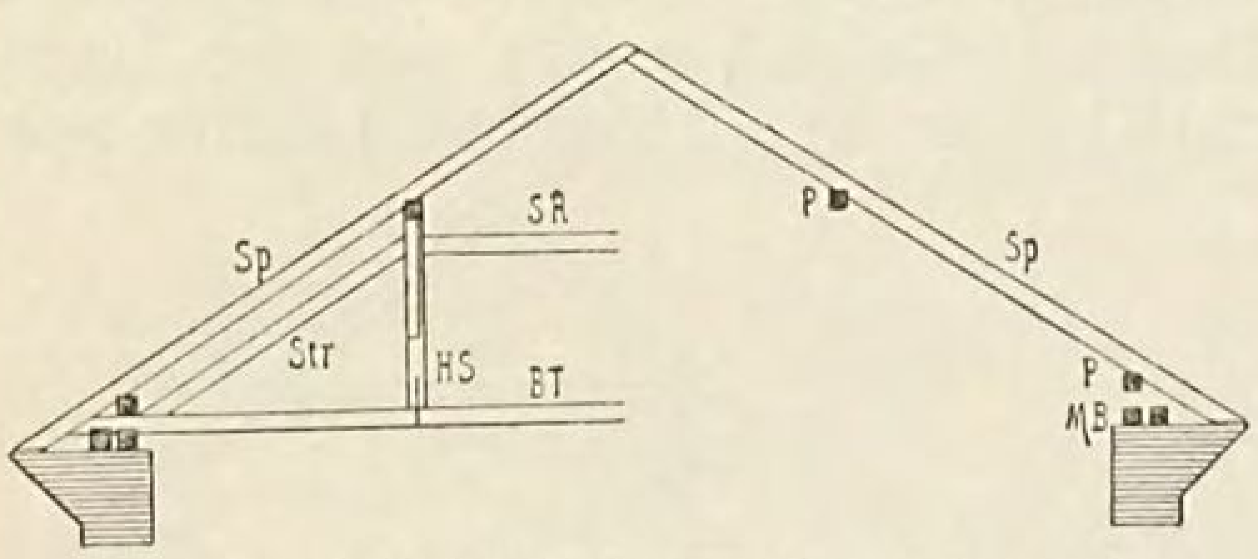


Fig. 9. Dachstuhl mit doppeltem Hängwerk.

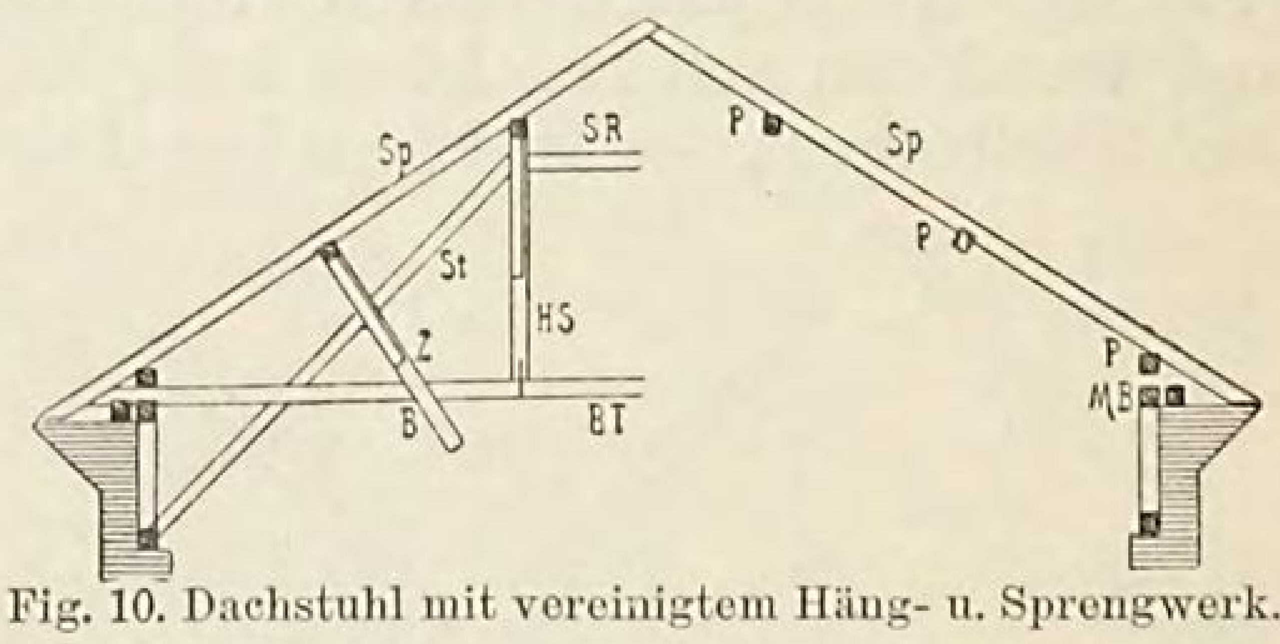


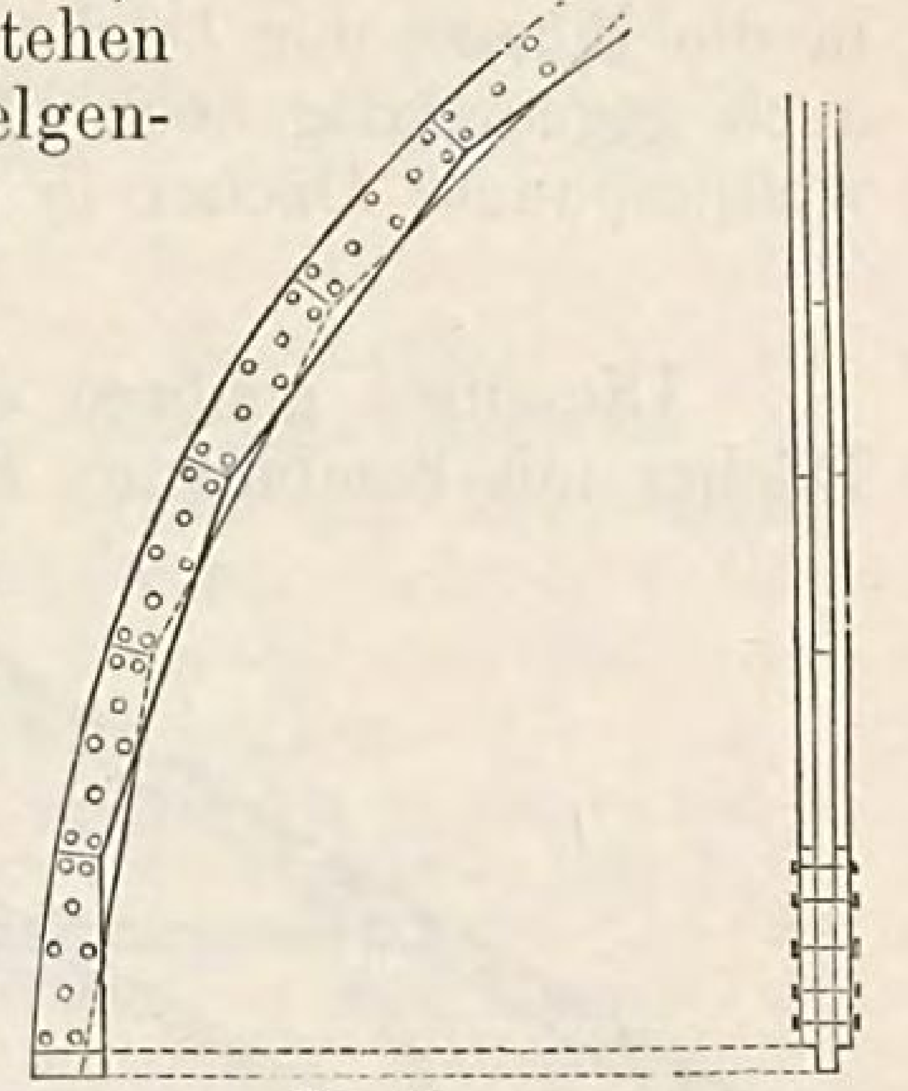
Fig. 10. Dachstuhl mit vereinigtem Häng- u. Sprengwerk.

unterstützt wird. Ein Nachteil liegt jedoch darin, dass der Dachraum durch die Stuhlsäulen sehr verengt wird. — Dachstuhl mit doppeltem Hängwerk (Fig. 9). Bei grösseren Spannweiten und schweren Dachstühlen werden die Bundtrame durch die Stuhlsäulen sehr stark belastet, so dass sie bei den gebräuchlichen Querschnittsdimensionen zu schwach wären. Sie müssen deshalb gestützt werden. Dies geschieht am einfachsten in der Weise, dass der Stuhl als Hängwerk konstruirt wird. Die Stuhlsäulen sind dann Hängsäulen, welche — durch einen Spannriegel und Streben zu einem Hängwerk verbunden — Pfetten tragen, auf denen der Kehlbalken aufliegt, der seinerseits die Sparren unterstützt. — Dachstuhl mit vereinigtem Häng- und Sprengwerk (Fig. 10, einfachere, aber sehr stabile Konstruktion). Dachstühle mit Sprengwerk allein werden des starke Mauern erfordernden Horizontalschubes wegen selten, vereinigte Häng- und Sprengwerke dagegen sehr häufig angewendet.

Holz-Dachstühle ohne Balkenlagen.

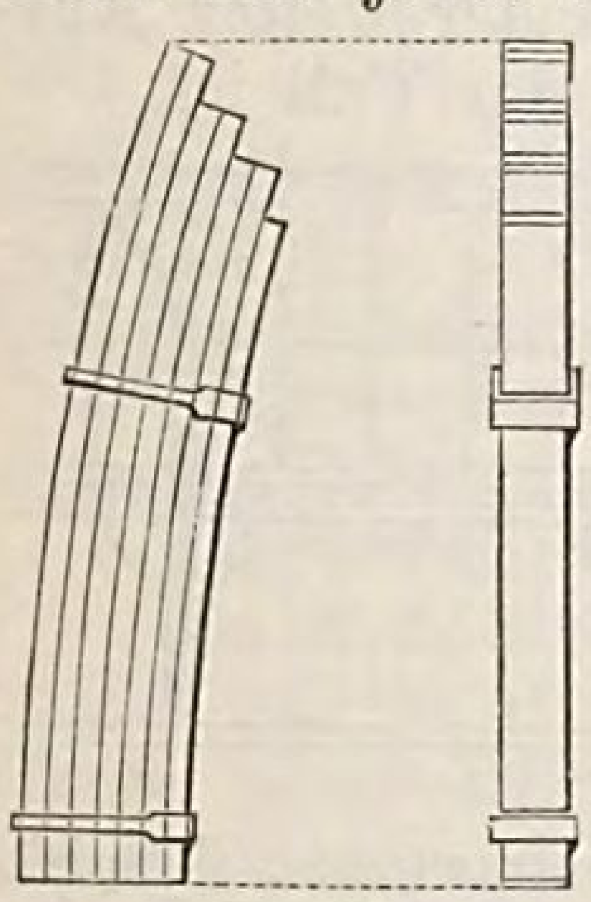
Bohlendächer (Bogendächer). Haben diesen Namen deshalb, weil die krummen Sparren dieser Dächer aus Bohlen oder Pfosten (von 4—8 cm Stärke) zusammengefügt werden. Man unterscheidet zwei Hauptarten derselben.

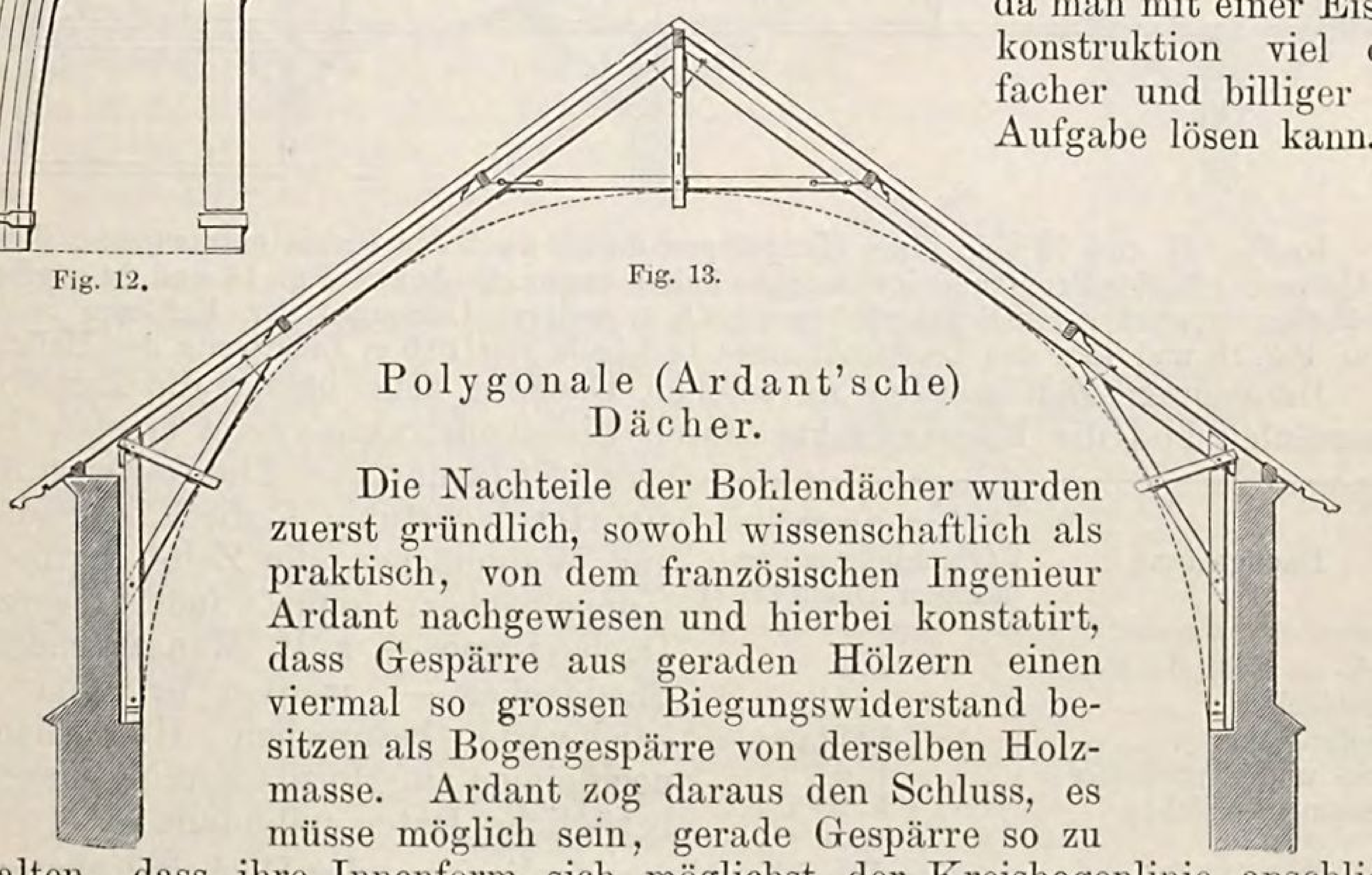
a. System des Philibert de l'Orme (Fig. 11). Aus dem 16. Jahrhundert stammend. Die Sparren bestehen aus ebenen, aber krumm zugeschnittenen, nach Art der Felgenkränze der hölzernen Wasserräder zusammengesetzten Bohlenstücken von $1^1/_4$ bis $1^1/_2$ m Länge. Die einzelnen (gewöhnlich 2—3) Brettlagen werden durch Holz- oder Eisennägel, bei besserer Ausführung durch Eisenschrauben zusammengehalten.


Fig. 11.

b. System Emy (Fig. 12). Bei dieser 1819 erstmals vorgeschlagenen besseren Konstruktion bestehen die Sparren aus möglichst langen, cylindrisch gebogenen und in dieser Form (ähnlich wie die Blattfedern der Wagen) fest mit einander verschraubten Bohlen.

Bei den Satteldächern mit Bogengespärren sind im Innern anderweitige Konstruktionsteile nicht notwendig, höchstens vielleicht ein Zugband zur Aufnahme des Horizontalschubes. Die Bogenkonstruktion tritt dann innen zur unverhüllten Anschauung und wird häufig architektonisch sehr wirksam verwertet. Aussen ist die Bogenkonstruktion jedoch zumeist durch ein ebenflächiges Satteldach verkleidet, weil einerseits die Bogenform äusserlich keine besonders hübsche Ansicht gewährt, und andererseits die krumme Dachfläche, vornehmlich bei Eindeckung mit Ziegel und Schiefer, sehr unangenehme, kaum zu behebende Nachteile im Gefolge hat. Ausserdem ist die Ausführung solcher Bohlendächer sehr schwierig, weshalb sie auch teuer sind. Ein weiterer Nachteil liegt darin, dass ihre praktische Tragfähigkeit und Stabilität — infolge der Zusammensetzung aus so vielen kleinen, dem Schwinden und Werfen unterworfenen Teilen — nicht mit jener Sicherheit vorher bestimmt (berechnet) werden kann wie diejenige einer Konstruktion einfacherer Art. Aus allen diesen Gründen werden Bohlendächer — die früher besonders zur Ueberdachung weiter Räume, wie Wagenschuppen, Verkaufshallen, Theater, Kirchen etc. vielseitigste Verwendung fanden — neuester Zeit nur in den seltensten Fällen angewendet, da man mit einer Eisenkonstruktion viel einfacher und billiger die Aufgabe lösen kann.


Fig. 12.


Fig. 13.

Polygonale (Ardant'sche) Dächer.

Die Nachteile der Bohlendächer wurden zuerst gründlich, sowohl wissenschaftlich als praktisch, von dem französischen Ingenieur Ardant nachgewiesen und hierbei konstatirt, dass Gespärre aus geraden Hölzern einen viermal so grossen Biegungswiderstand besitzen als Bogengespärre von derselben Holzmasse. Ardant zog daraus den Schluss, es müsse möglich sein, gerade Gespärre so zu gestalten, dass ihre Innenform sich möglichst der Kreisbogenlinie anschliesst und dadurch einen ebenso gefälligen Anblick gewährt wie die Bogengespärre.

Er gab auch Formeln und Tabellen zur Berechnung solcher Dächer für die verschiedensten Ausführungsverhältnisse. Als Beispiel für die Konstruktion der Ardant'schen Polygonaldächer geben wir die in Fig. 13 dargestellte, welche durch ihre Einfachheit und die Durchbildung ihrer Knotenverbindungen als eine Normalkonstruktion gelten kann. — Das System der Polygonaldächer gehört eigentlich in die Klasse der Dächer mit vereinigten Häng- und Sprengwerken und wird auch gegenwärtig noch häufig dort angewendet, wo aus irgend welchen Gründen weitgespannte Dächer in Holz ausgeführt werden.

Hallendächer.

Dieselben gehören ebenfalls, wie die Polygonaldächer, dem System der Dächer mit kombinirten Häng- und Sprengwerken an. Sie finden hauptsächlich beim Eisenbahn-Hochbau sowie auch bei industriellen Bauten Anwendung — vornehmlich bei Bahnhofshallen, Güter- und Ladehallen, Wagenschuppen, Lokomotiv-Remisen etc., — bei welchen es sich um freie Ueberdachung eines weiten Raumes handelt und auf Benützung des Dachbodenraumes nicht reflektirt wird. — Je nach dem speziellen Zwecke und den sonstigen Verhältnissen gibt es eine Unzahl von Konstruktionen. Man kann aber zwei Haupttypen unterscheiden: a. Solche Hallendächer, bei denen nur ein Raum (eine Halle) überdacht wird. b. Solche Dächer, wo an die eigentliche Halle beiderseits noch Flug- oder Schutzdächer von mehr oder minder weiter Ausladung sich anschliessen, wie dies bei Güter- und Ladehallen der Fall ist.

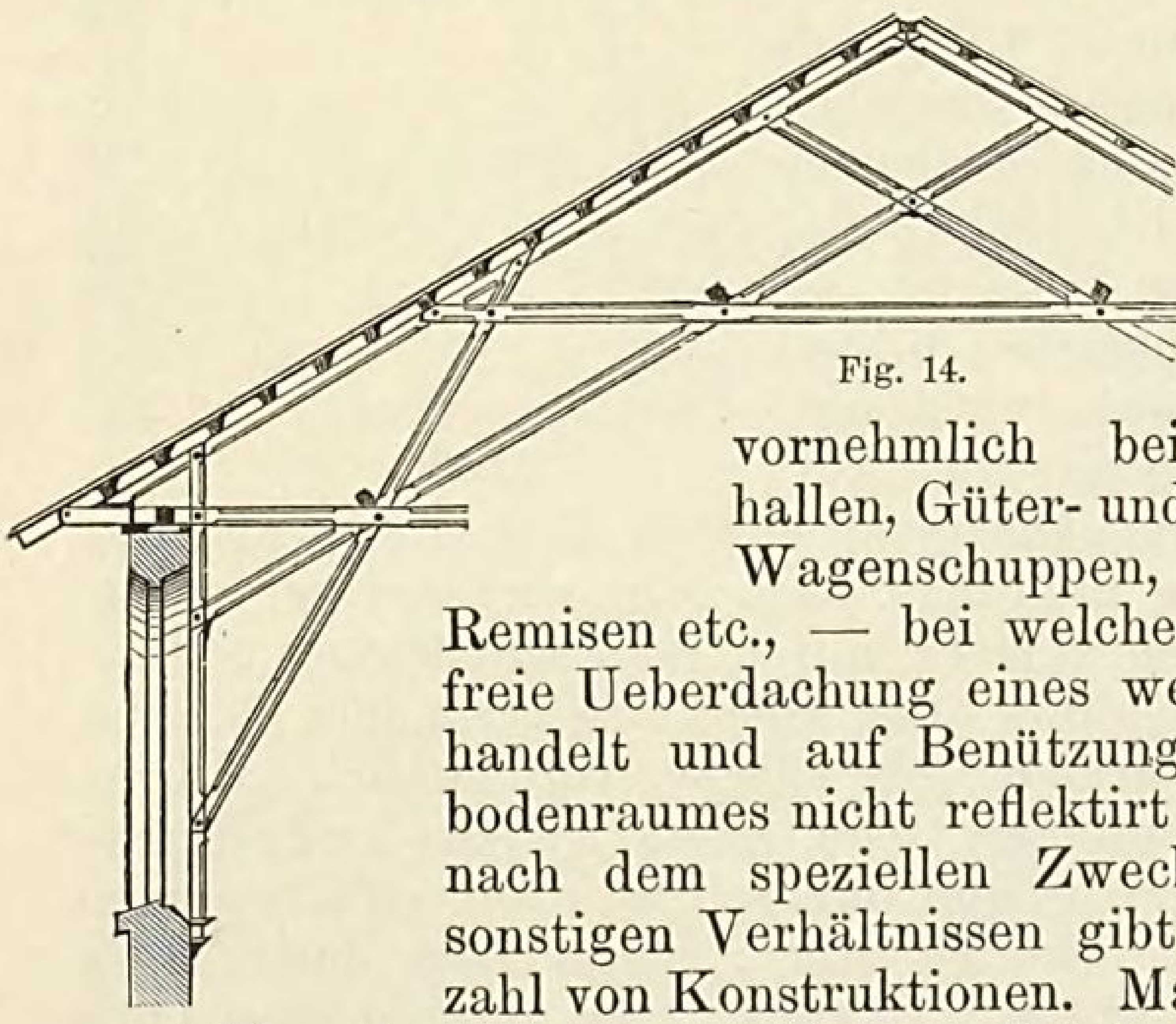


Fig. 14.

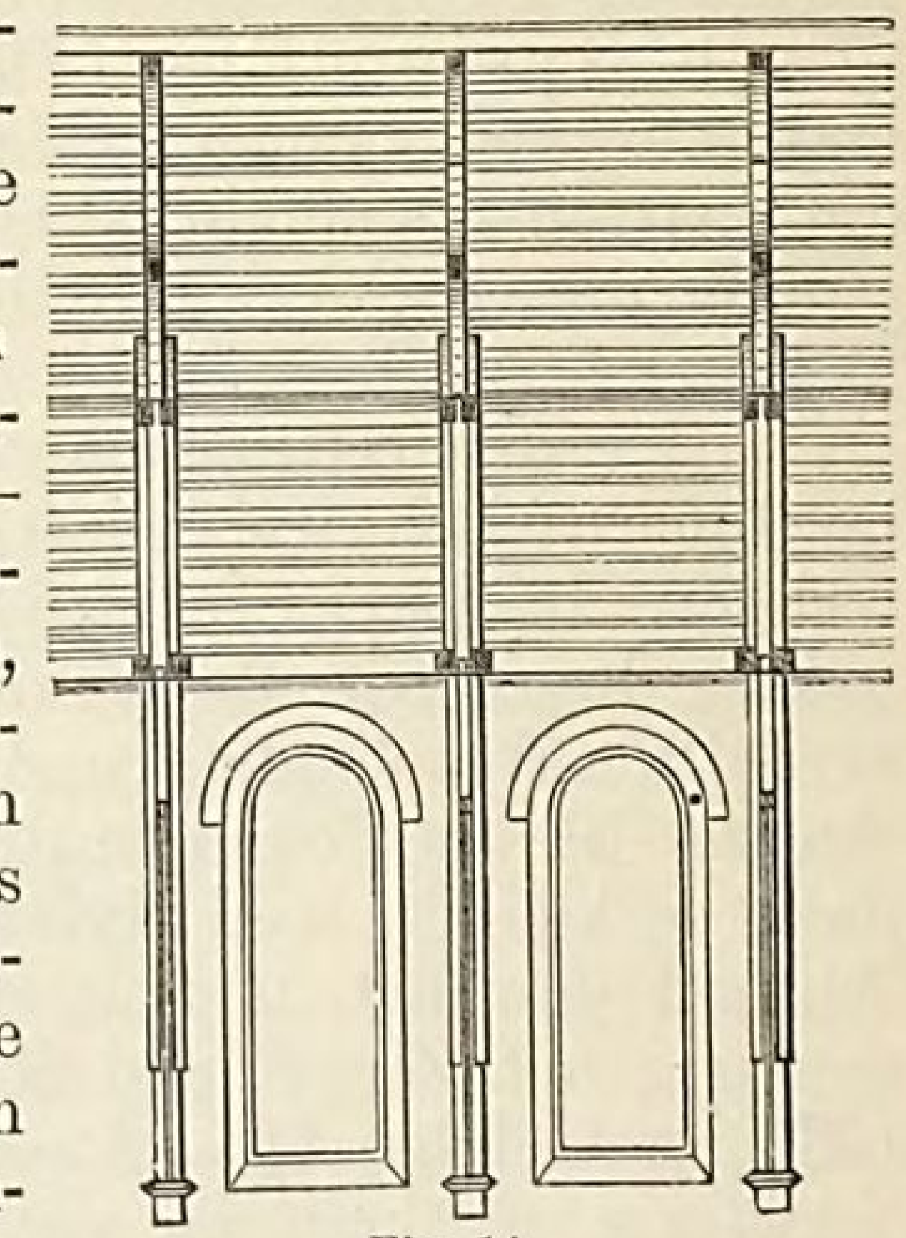


Fig. 14.

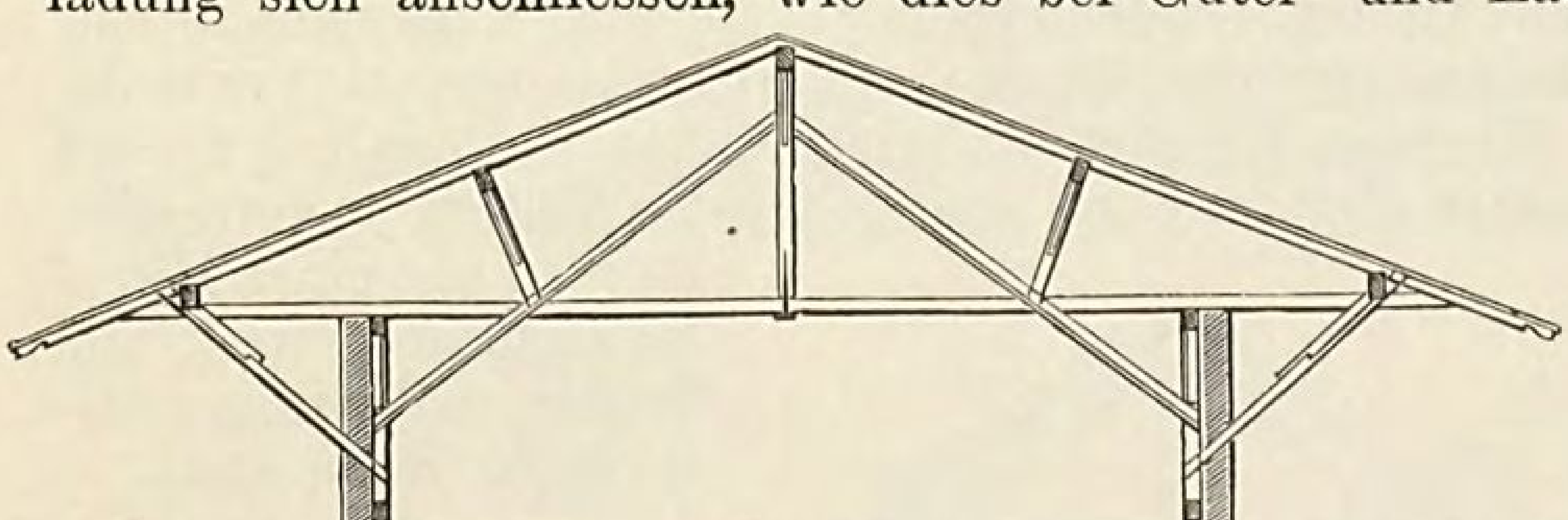


Fig. 15.

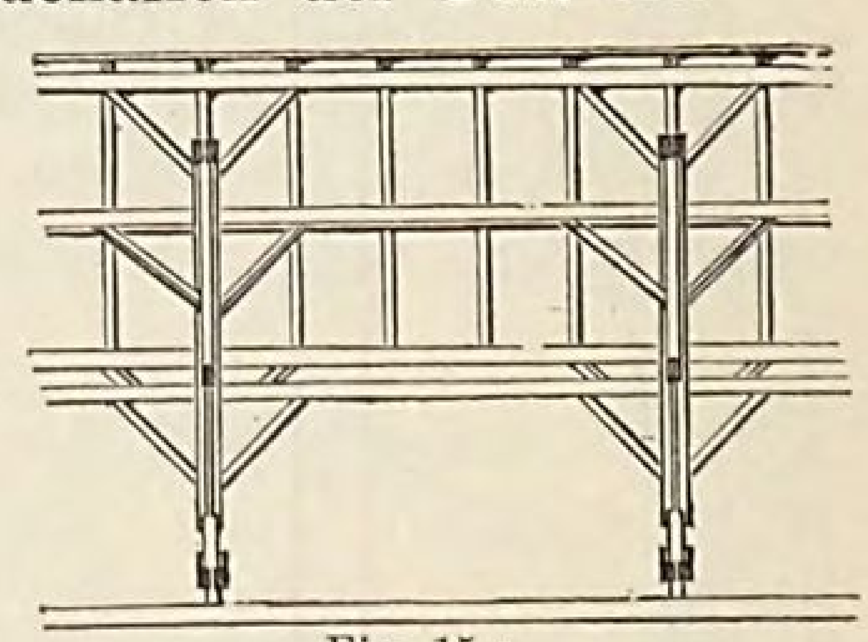


Fig. 15 a.

In Fig. 14 und 15 sind diese Haupttypen durch zwei der Praxis entnommene Beispiele (im Querschnitt oder Profil und im Längenschnitt) veranschaulicht. Fig. 14 und 14 a gibt den von Moller entworfenen und ausgeführten (18,5 m weiten) Dachstuhl der Reitbahn in Wiesbaden, Fig. 15 und 15 a den Dachstuhl einer Ladehalle von 10,0 m Lichtweite der Halle.

In neuerer Zeit werden an solchen Dächern sehr häufig die Zugbänder, Hängsäulen und die Knotenpunkte durch Eisenkonstruktionsteile ersetzt, bezw. verstärkt (armirt). — Die weiteren Arten der Holzdachstühle — die Kirchendächer und Walmdächer, die Zelt-, Turm- und Kuppeldächer, dann andere spezielle Dachsysteme — z. B. Mansardendächer, Sheddächer — werden bei den betr. Stichworten besprochen. Hier seien nur noch einige auf Holzdachstühle insgesamt bezügliche Daten mitgeteilt.

Dachgattung	Neigungsverhältnis (Dachhöhe zur gehörigen Dachbreite)
Stroh- u. Schindeldächer	1:1
Ziegeldächer	1:1¼
Schieferdächer	1:2¼
Blech- und Pappdächer .	1:4
Holzzement-Dächer . .	1:20

Dachneigung. Dieselbe hängt vornehmlich von der Dacheindeckung ab. Obige Tabelle gibt das Neigungsverhältnis für die gebräuchlichsten Deckmaterialien.

Entfernung der Dachgespärre. Dieselbe hängt ebenfalls hauptsächlich von der Art der Dacheindeckung, ausserdem aber von der Konstruktion des Dachstuhles ab; variirt jedoch überdies noch je nach den speziellen Ausführungsverhältnissen. Nebenstehende Tabellenwerte werden ziemlich allgemein angenommen.

Dachgattung	Gespärreutfernung (Mitte auf Mitte)
Schindeldächer	1,50—2,20 m
Strohdächer	1,50 m
Blech- und Pappdächer .	1,20—1,25 m
Ziegel- u. Schieferdächer	1,00—1,25 m
Holzzement-Dächer . .	0,80—0,90 m

Gewicht der Holz-Dachstühle. Das Gewicht des Dachstuhles setzt sich zusammen aus den Einzelgewichten der Lattung, der Besparrung und des eigentlichen Traggerüstes. Hierüber werden die abweichendsten Angaben gemacht. Wir halten uns im nachfolgenden an die auf sorgfältiger Berechnung einer grossen Zahl häufig angewendeter Dachstühle beruhenden Daten, welche in [3], S. 127—30, angeführt sind. Alle Zahlenangaben beziehen sich auf 1 qm schiefe Dachfläche — nicht Grundfläche oder Horizontalprojektion.

Dachlattung. Das Gewicht derselben schwankt in sehr engen Grenzen, nur zwischen 6—8 kg, also im Mittel 7 kg. — Besparrung. Das Gewicht derselben liegt zwischen 12 bis 16 kg. Damit übereinstimmend ist das Gewicht der die Besparrung ersetzenden und die Schalung unmittelbar aufnehmenden Pfetten der reinen Pfettendächer. — Die tragenden Teile des Dachgerüstes. Das Eigengewicht dieser Teile — der Stühle, Hängwerke etc. — ist natürlich von der Art der Tragkonstruktion und von der Spannweite des Dachstuhles abhängig, deshalb sehr verschieden. Bei den nachfolgenden Angaben ist das Gewicht der Besparrung selbstverständlich ausgelassen. — Stehende und liegende Stühle, samt allen Holzteilen bei Spannweiten von 7,5—15,0 m, wiegen 7—13 kg, einfache Hängewerke von 10,0—18,0 m 12—18 kg, kombinirte Häng- und Sprengwerke bis zu 20 m 20—24 kg, freitragende Dachbinder verschiedener Konstruktion von 10,0—18,0 m 20—30 kg. Bei Konstruktionen der letzten Art ist das Gewicht pro Flächeneinheit begreiflicherweise sehr schwankend, und zwar wächst dasselbe nicht immer mit der Spannweite.

Litteratur: [1] R. Gottgetreu, Lehrbuch der Hochbau-Konstruktionen, 2. Teil, W. Ernst & Sohn, Verlag für Architektur u. techn. Wissensch., Berlin 1882. — [2] Breymann, Allgem. Bau-Konstruktionslehre, II. Teil, Stuttgart. — [3] Deutsches Bauhandbuch, Bd. 2, Berlin. — [4] O. Mothes, Illustr. Bau-Lexikon, Leipzig 1881. — [5] G. Wanderley, Handbuch der Bau-Konstruktionslehre, II., Halle. — [6] O. Schmidt, Abriss des Hochbaues, Leipzig 1880. — [7] W. Frauenholz, Bau-Konstruktionslehre für Ingenieure, II., München 1876. — [8] J. Michel, Prakt. Baugewerkslehre, Wien 1870. — [9] Ders., Theoretisch-prakt. Kompendium des Hochbaues, Wien 1881. — [10] R. Hand, Oesterr.-ung. Bauratgeber, Wien 1894. — [11] G. Gugitz, Neue und neueste Wiener Baukonstruktionen etc., Wien 1881. — [12] G. Moller, Beiträge zur Lehre von den Baukonstruktionen. — [13] P. Ardant, Theoretisch-prakt. Abhandlung über Anordnung und Konstruktion der Sprengwerke von grosser Spannweite, deutsch von Kaven, Hannover 1874. — [14] A. R. Emy, Lehrbuch der gesamten Zimmermannskunst, deutsch von L. Hoffmann, Leipzig 1860. — [15] Hittenkofer, Neuere Dachbinder. *Hans Guzmann*

Eisendachstühle und mit Eisen armirte Holzdachstühle s. unter Eiserne Dachkonstruktionen.

Dachstuhlbrand, s. Feuerlöschregeln.

Dachstuhlsäulen (Stuhlsäulen), s. Dachstuhl.

Dachtraufe (Traufe), die untere Kante eines Daches, von welcher das Regenwasser abtropft, ohne von einer Rinne aufgefangen und abgeleitet zu werden. Auch bezeichnet man damit die Linie vor der Umfassungswand, welche vom Traufwasser getroffen wird. Diese Linie soll stets innerhalb des eigenen Grundes liegen.

Dachwand, bei einem Pultdache die Rückwand, an welche sich dieses anlehnt.

Dachzerlegung, Dachausmittelung, Dachzerfallung nennt man die Darstellung der Dachflächen und Sparren, Gräte und Kehlen in ihrer wahren Grösse. Das Aufsuchen der wahren Gestalten der Dachflächen behufs Festsetzung der Ausmasse der Dachsparren geschieht wie folgt:

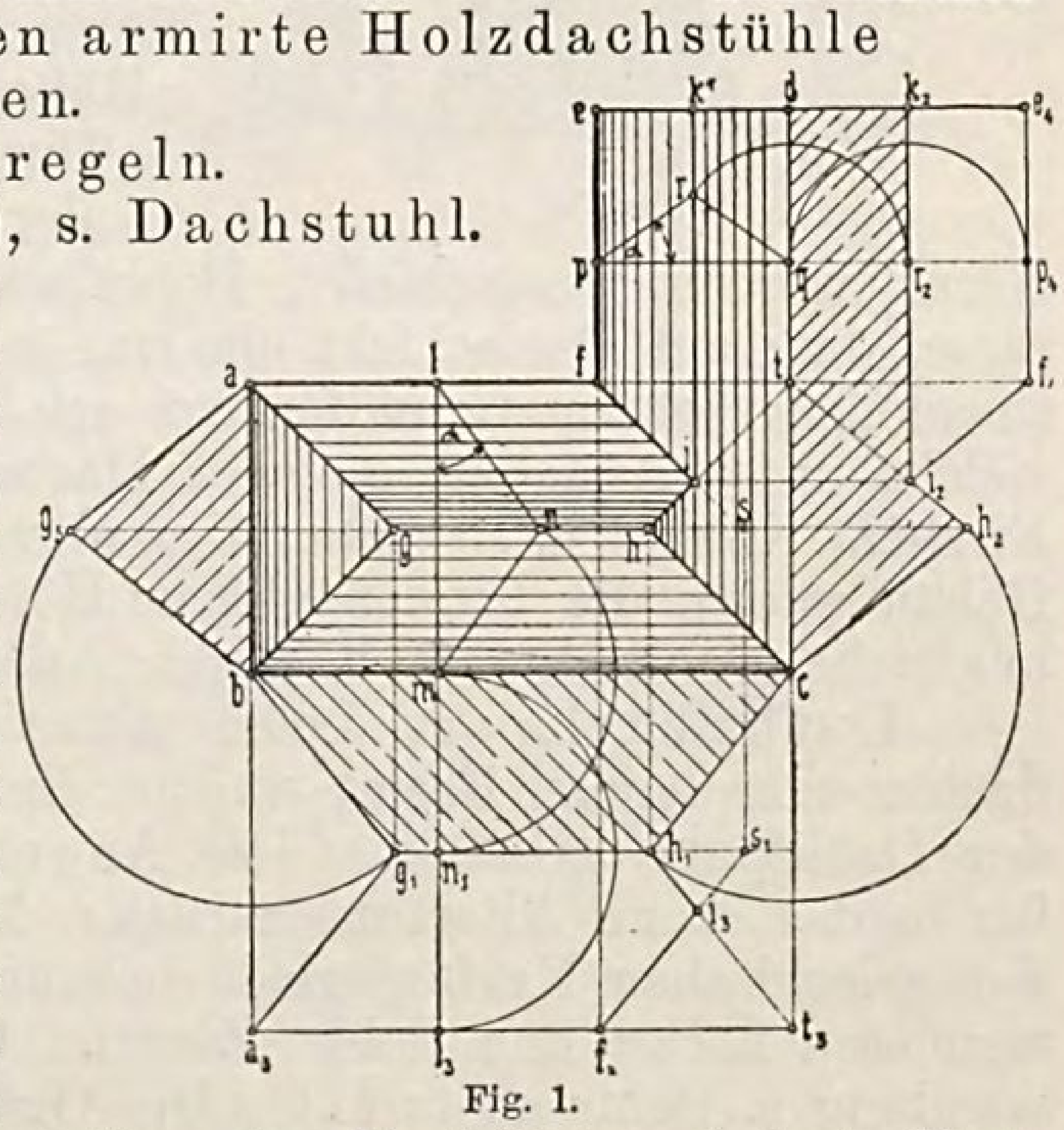


Fig. 1.

Ist $abcdefa$ (Fig. 1) ein Gebäudegrundriss, über welchem ein Satteldach von gegebener Neigung α aufgebaut ist, so schneiden sich die über den Linien ab, bc, cd, ef und fa errichteten Dachflächen nach den Linien bg, ch, ik, fi, gh, hi und ag. Die Schnittpunkte von drei an

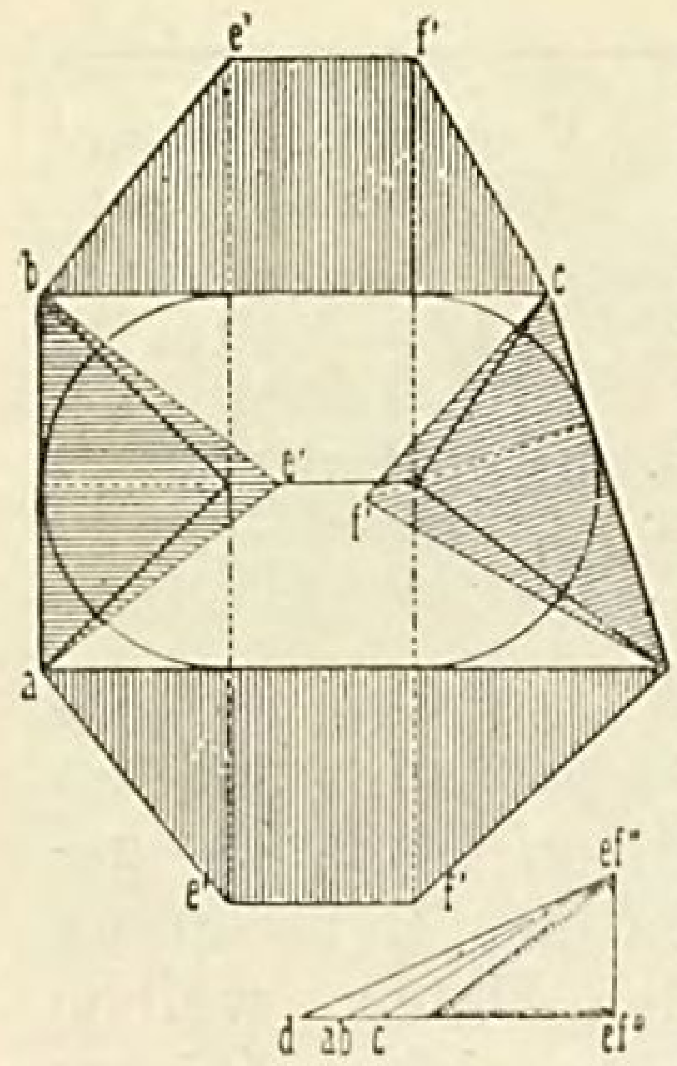


Fig. 2.

einander stossenden Dachflächen heissen Anfallspunkte. Solche Anfallspunkte sind z. B. die Punkte a, b, g, h, i u. s. w. Die unterste Kante einer Dachfläche, längs welcher das Regenwasser abfliesst, heisst eine Trauflinie, die oberste eine Firstlinie. Zwei Dachflächen, welche an einander stossende Trauflinien enthalten, schneiden sich nach einer Grat- bezw. Kehllinie, je nachdem der Winkel der Trauflinie ein aus- oder einspringender ist. In Fig. 1 ist ch eine Gratlinie, fi eine Kehllinie. Die Ermittelung der wahren Gestalten der Dachflächen vollzieht sich durch Umlegung dieser Flächen um die zugehörigen Trauf- bezw. Firstlinien in die Ebene der Zeichnung. So ist z. B. bcg_1h_1 die wahre Gestalt der Fläche $bcgh$, desgleichen ist $g_1h_1i_3f_3a_3$ die wahre Gestalt der Fläche $ghifa$ u. s. w., dabei ist $mn_1 = mn, n_1l_3 = nl$. Die weitere Konstruktion ist aus Fig. 1 ersichtlich.

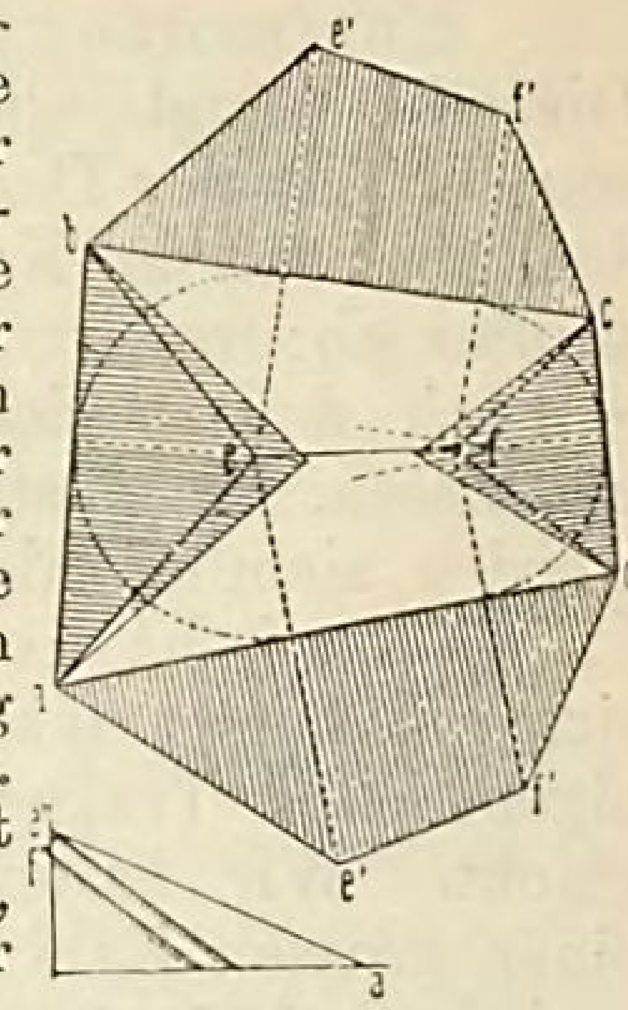


Fig. 3.

Litteratur: Vonderlinn, Darst. Geometrie für Bauhandwerker, Stuttgart 1894. *Vonderlinn.*

Sehr einfach bei rechteckigen Grundrissen, überhaupt regelmässigen Grundformen, ist die Dachzerlegung bei unregelmässigen mit Schwierigkeiten verknüpft.

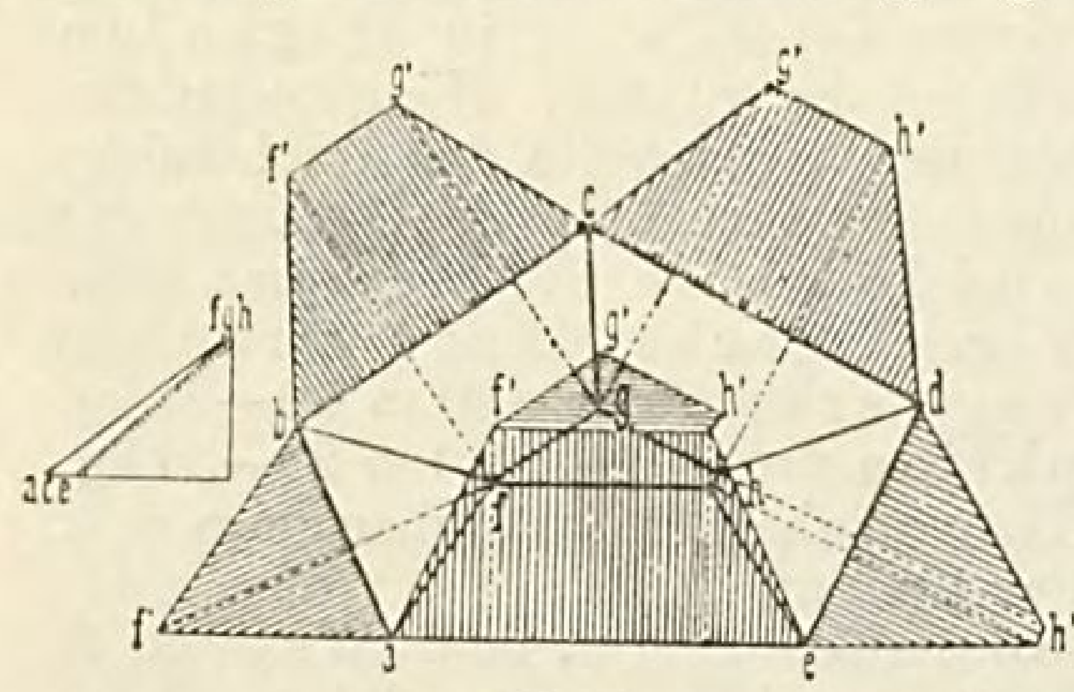


Fig. 4.

Wenn sämtliche Dachflächen eines freistehenden Gebäudes die gleiche Dachneigung haben, fällt die Firstlinie in die Mittelaxe der Grundfläche und die Kehlen und Gräte halbiren die einspringenden Winkel und Ecken des Grundes (s. Fig. 2). Bei unregelmässiger Grundfläche eines Gebäudes (s. Fig. 3) entstehen 1. bei gleicher Dachneigung ungleiche Dachhöhen, d. h. eine ansteigende Firstlinie; 2. bei wagrechter Firstlinie, w i n d s c h i e f e Dachflächen und dadurch in der Dachstuhlkonstruktion gebrochene Pfetten und gekrümmte Kehl- oder Gratsparren. Diesen Schwierigkeiten und Mängeln kann vorgebeugt werden durch 3. Anordnung einer Plattform (s. Fig. 4), bei welcher drei Firstlinien in gleicher Höhe entstehen. 4. Durch Zerlegen der unregelmässigen bezw. windschiefen Dachfläche in mehrere Dreiecke nach dem Lehrsatze, dass ein Dreieckfeld nie eine windschiefe Fläche bildet (s. Fig. 5). Bei zusammengesetzten Grundformen erfolgt eine Zerlegung in einzelne Teile, für welche unter Annahme gleicher Dachneigung die Bestimmung der Dachflächen, Firsten, Kehlen u. s. w. (s. Fig. 6) vorgenommen wird. Sollen bei ungleichen Gebäudetiefen die Firsten gleiche Höhe erhalten, so wird dies erreicht a. durch ungleiche Dachneigung, b. durch Anordnung von Plattformen. *Weinbrenner.*

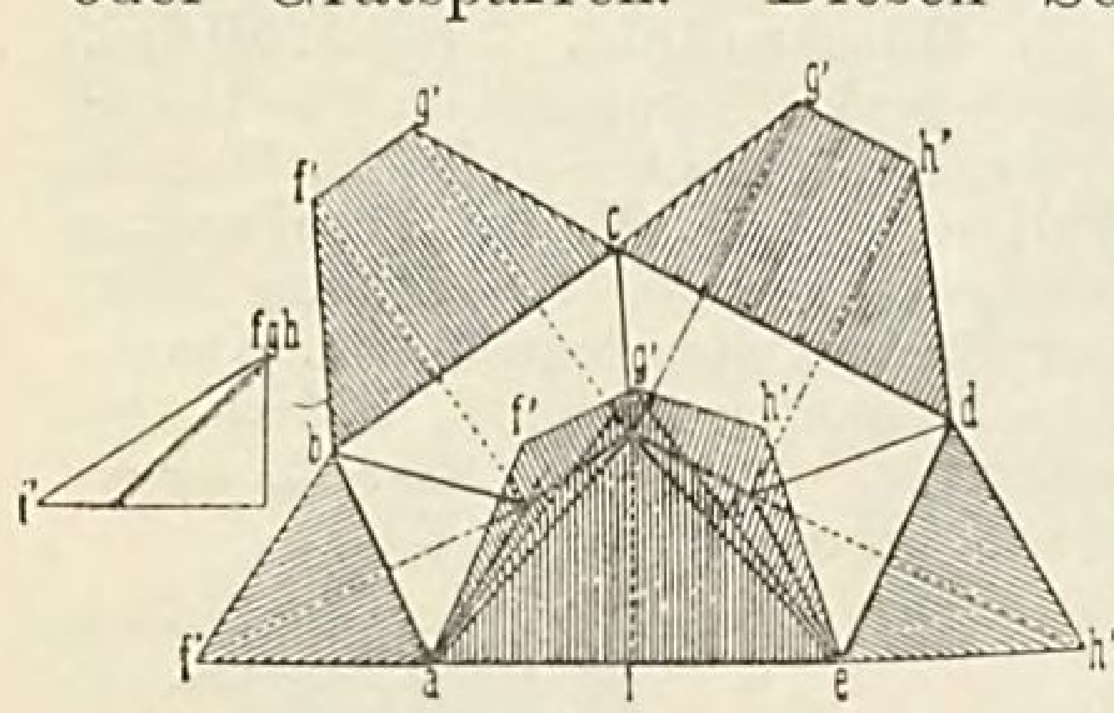


Fig. 5.

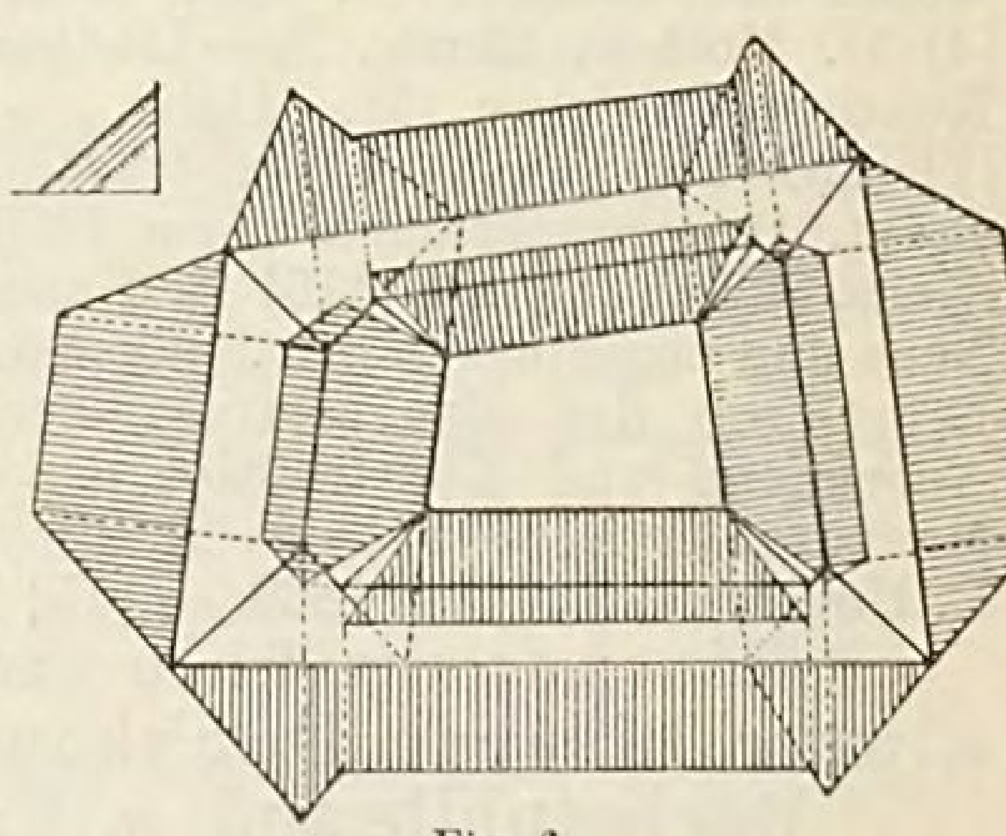


Fig. 6.

Dachziegel, aus Lehm gefertigter und gebrannter Stein von länglichflacher oder hohler Form, welche ein einfaches oder mehrfaches Ueberdecken der Dachfläche gestattet. Die Anwendung der Ziegel zur Dachdeckung geht bis in das graue Altertum zurück. Man weiss, dass sie in Asien bereits vor der griechischen Kulturperiode bekannt waren. Die Griechen und Römer verwendeten flache und hohle Ziegel. Ueber deren formale Ausbildung und Anwendung s. Schlussnote [1]. Die Grösse und Formbildung ist nach Landesart, Klima u. s. w. sehr verschieden und geht von 30—50 cm Länge, 10—25 cm Breite bei einer Dicke von 15—20 mm. Ueber die Herstellung s. Z i e g e l, deren Anwendung d. Art. D a c h d e c k u n g u. a. m Die gebräuchlichsten Arten sind: 1. D a c h p l a t t e oder B i b e r s c h w a n z (s. d.), auch Plattziegel, Flachziegel, Dachzunge, Ochsenzunge, Zungenstein; 2. h a l b e Z i e g e l, O r t z i e g e l,

Schnittlinge, von der halben oder dreiviertel Breite der Dachplatten, dienen zur Eindeckung im Verband (s. Dachdeckung); sie können auch mit dem Hammer aus 1. zugerichtet werden. 3. Hohlziegel (Firstziegel) zur Abdeckung von Firsten und Gräten, ist meist von halbkreisförmigem Querschnitt, ca. 35—40 cm lang, an dem einen Ende 12 cm, am andern 15 cm weit. Zum Halt für den Nachbarziegel sind Nasen oder Falze angebracht; zum Befestigen an steilen Gräten dienen Nagellöcher. Ueber deren Verwendung zur Eindeckung von Dachflächen, dem Hohlziegel- oder Priegendach s. d. Art. Hohlziegel. 4. Dachpfanne (Passziegel, auch Breitziegel, von flacher Form), in Norddeutschland und Holland üblicher, in der Linie eines ∽ geformter Ziegel, gleichsam aus zwei Hohlziegeln zusammengesetzt, deren Grösse gleich 35—40 cm lang, 25—30 cm breit und von gleicher Dicke wie 1.—3. 5. Schlussziegel (Krump- oder Blattsteine) im mittleren Teile flach, an den Seiten um etwa 2 cm entgegengesetzt umgebogen zum Zwecke der Ueberdeckung. 6. Deckziegel des italienischen Daches, tegole, mit seitlich aufgebogenem Falz, ohne Nasen, sind 41—50 cm lang, oben 33—39 cm, unten 25—31 cm breit, so dass sie sich in einander schieben. Zur Ueberdeckung der Stossfugen dienen Hohlziegel (canalis) von gleicher Länge. Die Unterlagen bilden kleinere Plättchen (pianelli) von halber Grösse der Deckziegel. 7. Rautenziegel, 28—33 cm im Geviert, mit zwei aufwärts und zwei abwärts gebogenen Falzen, am oberen Eck eine Nase, sind von gefälligem Aussehen und können bei Anwendung verschiedenfarbiger Glasur der Oberfläche eine reiche Musterung des Daches bilden. — Verbesserte Fabrikate, an welchen sowohl die Masse als die formale Ausbildung einen wesentlichen Fortschritt zeigen, sind die 8. Falzziegel, erfunden zu Altkirch im Oberelsass von Gilardoni (Patent von 1841). Bei diesen sind die Stossfugen wie die Ueberdeckungen durch eine oder mehrfache Ueberfalzungen so gedichtet, dass hiermit eine höchst vollkommene Eindeckung erzielt wird (s. Falzziegeldach). Die hohen Vorzüge dieser Art Ziegel haben zu vielfacher Nachahmung und Ausbildung geführt und sind es besonders linksrheinische Fabriken, z. B. Forbach (Lothringen) und Jockgrimm (Rheinpfalz), welche hervorragende Erzeugnisse liefern. Die äussere Ansicht solcher Ziegel zeigt zwischen Falzen der Langseite noch Rauten oder Streifen als Versteifungen der Flächen. Grösse der Falzziegel: Länge 35—43 cm, Breite 23—25 cm, Stärke ca. 10—12 mm. 9. Schuppenziegel, ein anderes Fabrikat desselben Erfinders, soll die äussere Oberfläche des Daches leichter und gefälliger und dem Schieferdache ähnlich gestalten. 10. Bordziegel, dienen dazu, den Abschluss der Falzziegeldächer am Ortgang in gefälliger Weise zu bilden; sie ersetzen die sonst üblichen Ortgangbretter (s. d.). 11. Kaffziegel, Kappziegel, von der Grösse eines oder zweier Falzziegel, mit einer halbkugelförmigen Haube überbaut, die vorn eine Luft- und Lichtöffnung bildet; an Scheunen und Speicherdächern verwendet. 12. Lichtziegel, mit einem Ausschnitt und Falz zur Verglasung, dient wie der Glasfalzziegel (s. Dachfenster) zum Lichteinfall für den Dachraum. 13. Kehlziegel, bilden den unteren Rand der Dachflächen an Kehlen, sie decken die ungleichmässig abgeschroteten Enden der Falzziegel und bilden eine durchgehende Kante mit Löchern zum Ablauf des Regenwassers. 14. Jossonziegel, eine in Frankreich beliebte, zierliche Ziegelart in Gestalt eines Blattes. — Der gute Dachziegel muss hartgebrannt, von hellem Klang und frostbeständig sein. Die Bruchfläche muss gleichartig, feinkörnig und ohne eingesprengte Kalkteile sein. Proben der Haltbarkeit sind: 1. die Ueberwinterung, d. h. Aussetzen in Frost und Eis, 2. Begiessen mit kaltem Wasser bei Rotglühhitze. Eine rauhe Oberfläche der Ziegel verhindert das rasche Ablaufen des Regenwassers und begünstigt das Ansetzen von Moosen, welche durch feine Wurzeln das Losbröckeln der obersten Haut herbeiführen. Diesem Missstand vorzubeugen, zugleich auch um einen Schmuck des Daches zu bilden, werden die Ziegel mit farbiger Glasur (s. d.) überzogen. Ein einfacheres Verfahren ist das Anräuchern, das schon im Mittelalter in Holland üblich war. S. Ziegel.

Litteratur: [1] Handbuch der Architektur, 2. Teil, 1. Bd., S. 106 ff., Darmstadt 1881; 2. Bd., S. 204 ff., Darmstadt 1885. — [2] Mothes, Baulexikon, 2. Bd., Leipzig 1882. *Weinbrenner.*

Dachziegelverband, s. Steinverband.

Dacit, s. Andesit.

Dächsel, s. v. w. Dachsbeil (s. d.), daher Dächseln, mit dem Dachsbeil bearbeiten.

Dädaleum, s. Stroboskop.

Dämmerung ist die allmälich {zunehmende / abnehmende} „Helle" {vor / nach} Sonnen-{Aufgang / Unterg.} (Morgen-, Abenddämmerung), beruhend auf der {schon / noch} stattfindenden Erleuchtung der höheren Luftschichten, {bevor / nachdem} die Sonne {über / unter} dem Horizont des Beobachtungsorts {erscheint / verschwindet}; sie umfasst also den Zeitraum zwischen dem Stand der Sonne (auf ihrer Tagesbahn) in einem bestimmten Horizontalkreis (Almukantarat) unterhalb des Horizonts und dem {Anfang / Ende} des Sonnen- {Aufgangs / Untergangs} (vergl. den Art. Auf- und Untergang der Gestirne). Jener Horizontalkreis unterhalb des Horizonts, der „Dämmerungskreis", ist verschieden, je nachdem man von bürgerlicher oder astronomischer Dämmerung spricht; für die erstere ist seine Höhe etwa -6° oder $-6\frac{1}{2}^{\circ}$, aber wenig scharf zu bestimmen: die bürgerliche {Morgen- / Abend-} Dämmerung {beginnt / endigt}, wenn z. B. für Lesen mittelgrosser Schrift (im Freien) künstliche Beleuchtung {entbehrlich / notwendig} wird oder wenn die hellsten Sterne {verlöschen / erscheinen}; die astronomische Abenddämmerung endigt, wenn der höchste Punkt des am Westhimmel während und nach Ende der bürgerlichen Dämmerung sichtbaren hellen und vielfach recht scharf abgegrenzten „Segments" sich bis zum Horizont gesenkt hat oder wenn alle überhaupt mit blossem Auge sichtbaren Sterne erschienen sind u. s. f.; für sie ist der Dämmerungskreis der Horizontalkreis -15^{0} bis $-17\frac{1}{2}^{0}$.

Scharfe Angaben für die Dämmerungskreise lassen sich selbstverständlich nicht machen; die Dämmerungskreise sind mit dem Zustand der Luft jedenfalls veränderlich und wohl immer für Morgen- und Abenddämmerung verschieden anzunehmen [1]. Die Dauer der Dämmerung ergibt sich bei angenommenem Dämmerungskreis ($-h$) sehr einfach als Differenz der Stundenwinkel der Sonne in der Zenithdistanz ($90^{0}+h$) und zur Zeit des Aufgangs oder Untergangs (wobei Rücksicht auf die sogen. Tagverlängerung zu nehmen ist (vergl. den Art. Auf- und Untergang der Gestirne) [2]. Mit der Annahme $h_1 = -6^{\circ}$ folgt hier eine Tafel der bürgerlichen Dämmerungsdauer (für Mitteleuropa) in Minuten:

Geogr. Breite	1. Jan.	1. Feb.	1. März	1. Apr.	1. Mai	1. Juni	1. Juli	1. Aug.	1. Sept.	1. Okt.	1. Nov.	1. Dez.
+45°	35	33	32	32	35	38	38	36	33	32	33	34
47	37	35	34	34	36	40	40	38	35	33	35	36
49	39	37	35	35	38	42	43	40	36	34	36	38
51	41	39	36	36	40	45	46	42	38	36	38	41
+53	43	41	38	38	42	47	48	44	39	38	40	43

Die Tafel zeigt, dass die Dämmerungsdauer mit zunehmender geographischer Breite im Laufe des Jahres immer mehr schwankt. Mit der Annahme $h_2 = -18^{0}$ ist aus der folgenden Tabelle die Dauer der astronomischen Dämmerung (für die Breiten 40^{0}—60^{0}, also Madrid-Konstantinopel bis Christiania-Petersburg), in Stunden und Minuten zu entnehmen:

Geogr. Breite	1. Jan.	1. Feb.	1. März	1. Apr.	1. Mai	1. Juni	1. Juli	1. Aug.	1. Sept.	1. Okt.	1. Nov.	1. Dez.
+40°	1. 39	1. 34	1. 31	1. 34	1. 45	2. 0	2. 4	1. 50	1. 38	1. 32	1. 33	1. 37
45	1. 48	1. 43	1. 39	1. 43	1. 59	2. 26	2. 34	2. 8	1. 48	1. 40	1. 40	1. 46
50	2. 1	1. 54	1. 49	1. 55	2. 21	3. 47	—	2. 39	2. 3	1. 50	1. 51	1. 59
55	2. 19	2. 9	2. 3	2. 13	3. 7	—	—	—	2. 26	2. 5	2. 6	2. 16
+60	2. 48	2. 30	2. 22	2. 41	—	—	—	—	3. 8	2. 25	2. 26	2. 42

Wo keine Zahl eingesetzt ist (—) bedeutet dies, dass die Sonne die Tiefe von 18^{0} unter dem Horizont zum angegebenen Datum und in der angegebenen Breite des Orts überhaupt nicht erreicht, so dass die astronomische Dämmerung die ganze Nacht dauert. — Eine durch Jahrhunderte sehr berühmt gewesene Aufgabe ist die der „kürzesten Dämmerung"; mit ihr haben sich schon die ersten ausführlichen modernen Schriftsteller über die Dämmerungserscheinungen beschäftigt [3]: es ist der Tag anzugeben, an dem die Dämmerung, bei gegebener geographischer Breite des Beobachtungsorts, die kürzeste Dauer hat. Die Aufgabe hat eine grosse Litteratur

hervorgerufen [4]; lange vor Erfindung der Infinitesimalrechnung gestellt, ist sie in der That einer ganz elementaren Behandlung fähig [5]. Die erste Tabelle zeigt, dass in Süddeutschland (49°) z. B. die kürzeste bürgerliche Dämmerung (34 Minuten) Mitte März und Anfang Oktober eintritt (bei einer Sonnendeklination von wenigen Graden Süd).

Litteratur: [1] Vergl. Litteraturangaben dazu, z. B. bei Wolf, Handbuch der Astronomie, I, 2, Zürich 1891, S. 476. — [2] Vollständige elementare Entwicklung, z. B. bei Hammer, Trigonometrie, Stuttgart 1885, S. 299—303. — [3] Als Erster vielleicht Nonius, de crepusculis liber unius, Lissabon 1542. — [4] Gesammelt, für die ältere Zeit ziemlich vollständig, in der grossen Bibliographie générale de l'Astronomie von Houzeau und Lancaster, Brüssel von 1882 an, das wichtigste Neuere (Joh. und Jak. Bernoulli, die sich über 5 Jahre lang mit der Aufgabe beschäftigten, Lambert, Euler, d'Alembert, d'Arrest, Stoll u. s. f.) s. auch bei Wolf, a. a. O., S. 477, oder bei Günther, Mathem. Geogr., Stuttgart 1890, S. 154; zur Dämmerung überhaupt ebd., S. 150 ff. — [5] Vergl. z. B. den Artikel Dämmerung (von Brandes) in Gehlers Physikal. Wörterbuch, 2. Aufl., Bd. 2, Leipzig 1826, oder bei Hammer, a. a. O. *Hammer.*

Dämmerungserscheinungen, die häufig farbenprächtigen Lichterscheinungen, welche durch Absorption und Beugung des durchgehenden Sonnenlichtes in den unteren, an Kondensationsprodukten (Wasserdämpfen und Eiskristallen) und Staubteilchen reichen Luftschichten hervorgerufen werden. Die meist nur zur Erscheinung gelangende, mehr oder wenig kräftige Rötung des Westhimmels ist als Morgen- und Abendröte bekannt.

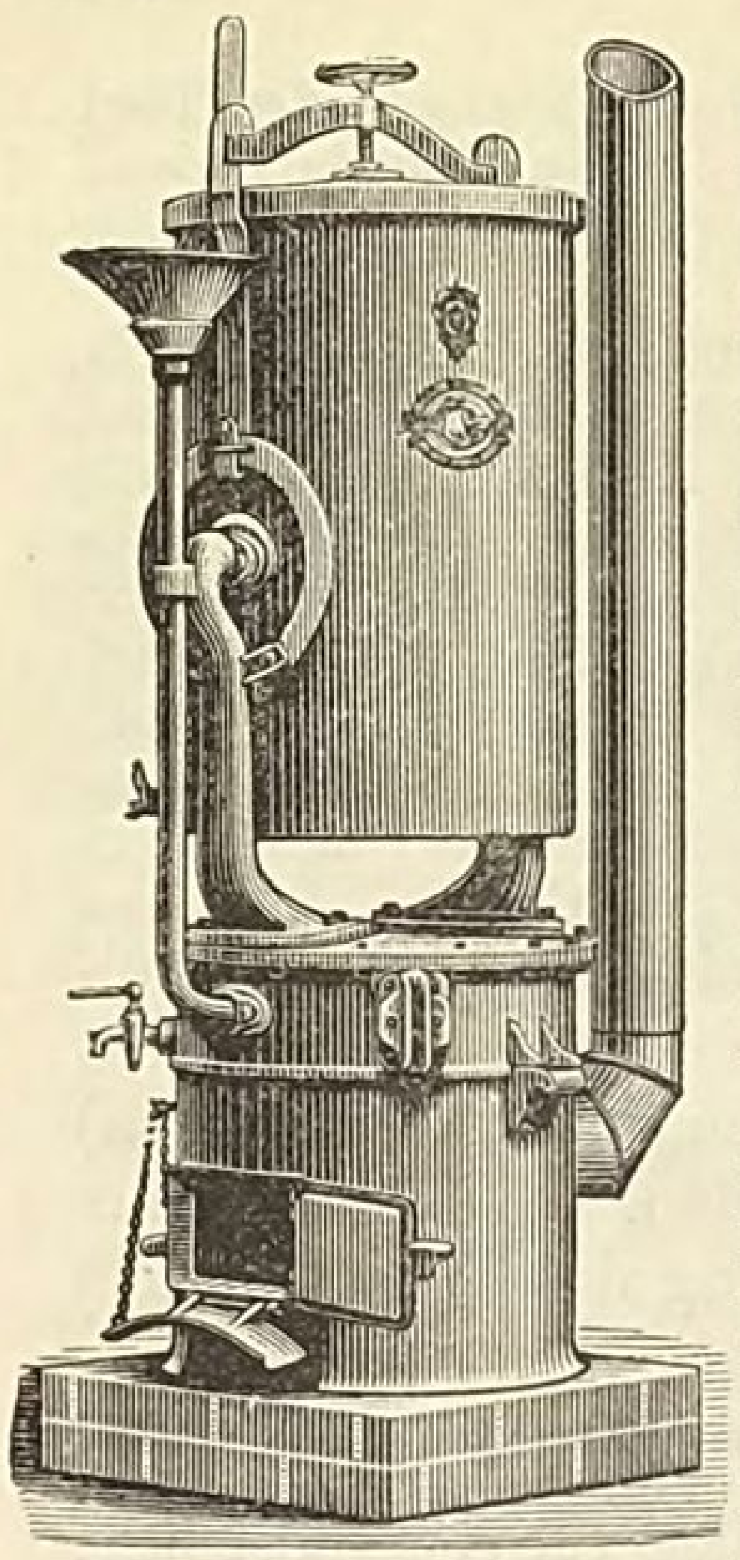
Die normale Dämmerung, welche in allen Phasen ausgeprägt, nur unter günstigen Bedingungen, bei wolkenlosem Himmel auftritt und in seltener Vollkommenheit Ende September 1883 in Deutschland betrachtet werden konnte, hat von Kiessling [2] eine vorzügliche Beschreibung erhalten, welche sich wesentlich an die von Bezold [1] gegebene anlehnt. Mit dem Fortschreiten der Dämmerung tritt allmälich eine Entwicklung zum Horizont parallel liegender farbiger Schichten ein. Diese machen sich zuerst in erheblichem Masse der untergehenden Sonne gerade gegenüber am östlichen Horizont bemerkbar, wo der Himmel in grosser, seitlicher Ausdehnung allmälich eine bläulichviolette, zuweilen ins Rötliche hinübergehende Färbung annimmt. Diese bildet die sogenannte Gegendämmerung, deren Höhe und Intensität wesentlich von Nebel oder Wolkengebilden beeinflusst wird. Sobald die Sonne unter den Horizont gesunken ist, wird am Osthimmel, unmittelbar dem Horizont aufliegend, ein mehr oder minder deutlich nach oben abgerundeter, sehr schmaler, ganz schmaler, ganz dunkelgrauer Streifen, der sogenannte Erdschatten erkennbar. Bei dem weitern Sinken der Sonne gewinnt die Gegendämmerung erheblich an Farbentiefe und räumlicher Ausdehnung, aber mit stets wechselndem Umfang; zugleich steigt die obere Grenze des Erdschattens gleichmässig. Etwa 20—25 Minuten nach Sonnenuntergang nimmt jedoch die Färbung der Gegendämmerung auffallend schnell an Intensität ab. Die letzte Phase der Dämmerung besteht in der Entwicklung des sogenannten Purpurlichtes. Verhältnismässig hoch über den farbigen Horizontalschichten beginnt in ziemlicher Ausdehnung ein rötlicher Farbenton im hellen Blau des Himmels sich geltend zu machen; doch gewinnt der rötliche Schimmer schnell an Intensität, während die Gegendämmerung erblasst.

Die aussergewöhnlich glänzenden Dämmerungserscheinungen vom Herbst 1883 bis Anfang 1884 wurden, wie Kiessling [3] nachgewiesen hat, durch den Ausbruch des Vulkans auf der Insel Krakatau verursacht, indem die ausgeworfenen Gase, mit staubförmigen Verbrennungsprodukten gemischt, in hohe Schichten der Atmosphäre emporgeschleudert, wo sie von Luftströmungen weiter geführt wurden.

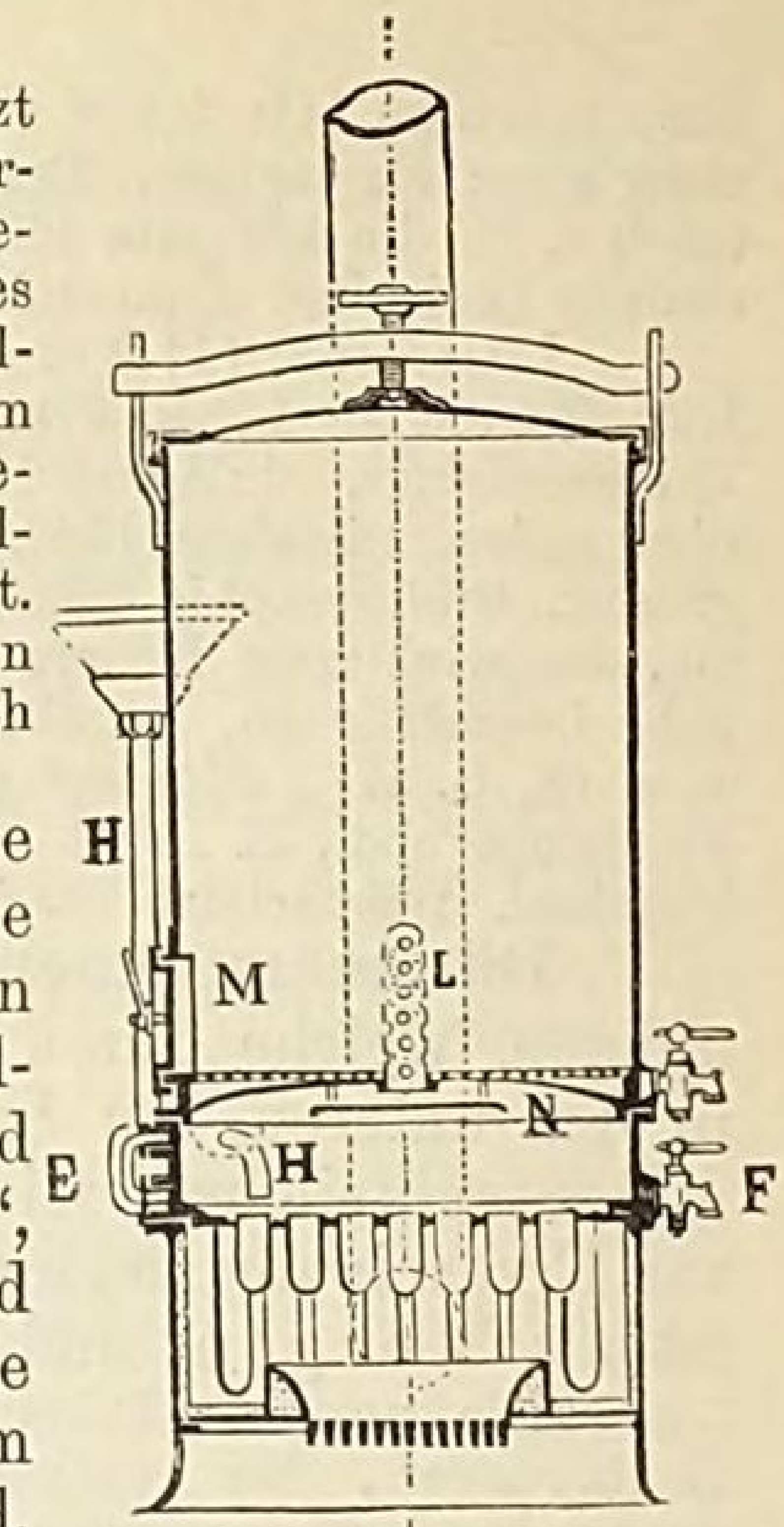
Litteratur: [1] v. Bezold, Poggend. Ann., Bd. 123, 1864. — [2] Kiessling, Die Dämmerung im Jahre 1883 und ihre physische Erklärung, Hamburg 1885. — [3] Derselbe, Untersuchungen über die Dämmerung zur Erklärung der nach dem Krakatauausbruch beobachteten atmosphärisch-optischen Störung, Hamburg 1888; ferner Hollmann, Zeitschr. f. Unt., Bd. 18, 1884. *Grossmann.*

Dämpfapparat, wird in der Landwirtschaft zum Dämpfen oder Kochen verschiedener Futtermittel, wie Kartoffeln, Rüben, Spreu etc. verwendet; diese werden der längeren Einwirkung mässig gespannten Wasserdampfes ausgesetzt, wodurch man sowohl einem Anbrennen als einer Auslaugung vorbeugt. Man unterscheidet ein- und mehrfache Dämpfapparate. Kann man den nötigen Dampf nicht dem Kessel einer Brennerei oder Molkerei durch ein Verbindungsrohr entnehmen, so benützt man ein- oder mehrfache Dämpfapparate, welche mit Dampfentwickler ausgerüstet sind. Die wesentlichen Teile sind dann: Feuerung, Wasserbehälter zur Dampfentwicklung mit Wasserstandsglas und Ablasshahn, Kamin, Standrohr oder Sicherheitsventil und heizbares Dampfgefäss mit dampfdichtem Verschluss.

Den Dämpfapparat „Reform“ von Paul Reuss, Artern (Prov. Sachsen) zeigt Fig. 1 und 2 in der Ansicht und im Schnitt. Eigenartig ist der solide, gegen Wärmeverlust sehr gut geschützte Feuerungsraum, sowie der zur besseren Ausnützung des Brennmaterials mit Field'schen Röhren ausgerüstete Dampfentwickler. Das Sicherheits-Standrohr H dient zugleich zur Kontrole des Wasserstandes. Durch Röhren gelangt der Dampf ins Innere des kippbaren Dämpfgefässes; das Kondensationswasser kann durch einen Hahn E abgelassen werden. Wo



Ansicht des Reform-Schnelldämpfers mit Kippvorrichtung.



Durchschnitt des Reform-Schnelldämpfers ohne Kippvorrichtung.

es sich um grosse Leistung handelt, benützt man doppelte Dämpfapparate mit ununterbrochenem Betrieb im Wechsel der Dämpfgefässe. Zur Verhütung des Wärmeverlustes wird der gemeinschaftliche Dampferzeuger vielfach eingemauert; er besteht dann aus einem „Waschkessel“ mit dem gesetzlich vorgeschriebenen Standrohre. Doch werden Doppel-Dämpfapparate auch transportabel geliefert. Am vollkommensten arbeitet der in Brennereien verbreitete Henze-Dämpfer, welcher zugleich die gedämpften Kartoffeln zerkleinert.

Die gewöhnlichen Dämpfapparate stehen, sofern sie „mit der Atmosphäre durch ein unverschliessbares, in den Wasserraum hinabreichendes Standrohr von nicht über 5 m Höhe und mindestens 8 cm Weite verbunden sind“, nicht unter polizeilicher Kontrolle und Revision; wenn möglich stellt man sie so auf, dass der Rauchabzug mit einem Kamin in Verbindung gebracht wird. Zum Dämpfen von 100 kg Kartoffeln braucht man 20—25 kg Dampf und zu seiner Entwicklung 47 kg Kohle; in 40—50 Minuten sind Kartoffeln fertig gedämpft. Die Leistungen und Preise sind etwa folgende:

	Nr.	Dämpfer	Inhalt	Leistung in 10 Stunden	Preis	
H. F. Eckert, Berlin	*AQ*	2	à 2,2 hl	40—44 hl	410 Mk.	
Patent Ventzki . .	*D3*	1	„ 3,2 „	33—36 „	240 „	
P. Reuss, Artern . .	14	1	„ 3,3 „	40—50 „	235 „	(mit Kippvorr.).

Strebel.

Dämpfen. Das Dämpfen im Zeugdruck hat den Zweck, die aufgedruckten Farben zu entwickeln und auf der Faser zu fixiren. Einerseits bewirkt die hohe Temperatur des Dampfes das Verflüchtigen der den Druckfarben beigegebenen Lösungsmittel oder eine Dissoziation derselben (bei Anwendung von Aethylweinsäure etc.). Andererseits wirkt der Dampf auch wie das Wasser im Färbebade; er löst die Farbstoffe und bringt sie mit der Faser in engeren Zusammenhang [1]. In anderen Fällen, besonders beim Aetzdruck, ruft die hohe Temperatur des Dampfes die Reaktion verschiedener Körper auf einander hervor, welche nun ihrerseits auf die gefärbte Unterlage einwirken. Hierauf beruhen beispielsweise die neueren Methoden, Indigo weiss und rot zu ätzen. — Durch das Dämpfen wird auch Farblackbildung hervorgerufen bei Anwendung von sogen. Beizenfarbstoffen. In einigen Fällen geht ein Verhängen der bedruckten Stoffe dem Dämpfen voraus. In der Färberei findet das Dämpfen auch Anwendung zum Aviviren der mit Türkischrot gefärbten Baumwolle, ferner in der Appretur verschiedener Gewebearten, endlich nach dem Crabben der Gewebe auf dem Cylinder (s. Dekatiren). — Aehnlich wird das Holz vor der Verarbeitung in der Holzstofffabrikation behandelt (s. Dampfholzschliff).

Litteratur: [1] Rosenstiehl, Bull. de la société Indust. de Mulhouse 1890, S. 401. *Weckerlin.*

Dämpfen, der Eisenbahnschwellen, s. Tränken der Schwellen.

Dämpfer, s. Galvanometer und Spiritusfabrikation.

Dängelmaschine, Vorrichtung zum Schärfen der stumpf gewordenen Schneide von Sensen und Sicheln. In der Regel wird durch einen Daumen oder Exzenter ein vertikal stehender, mit verstellbarer Feder versehener Dängelhammer gehoben und alsdann durch sein Gewicht und die Federkraft nach abwärts gestossen, wo er die auf einem Amboss geführte Sensenschneide trifft. Führungsrollen erleichtern das gleichmässige Durchziehen der Sense und ermöglichen die gleiche Breite des Dängelschlages; die Stärke des Schlages wird je nach Härte der Sense durch Veränderung der Federspannung gewählt.

Auch Ungeübte können mittelst solcher Apparate, z. B. dem Präzisionsschnelldängler (D. R. P. 49061) von Hümpfner & Co., Frankfurt a. M., bei 3—4facher Leistung ebenso gut dängeln als ein geübter Arbeiter von Hand. Anders gebaut ist die ebenfalls recht brauchbare

Maschine von J. Eckhardt & Sohn in Ulm a. D. (D.R.P. 33 628). Dieselbe ist besonders passend für Schmiede, welche um Lohn dängeln, sehr leistungsfähig und besitzt auch eine Schmirgelscheibe zum Nachschleifen. Der Preis ist ohne die letztere 80 Mk., mit derselben 100 Mk. Leistung pro Stunde 12 neue oder 20—25 gebrauchte Sensen. Für das Dängeln von Hand eignet sich gut Parmentiers Dängelapparat von A. Eulenberg-Elberfeld, Preis 10 Mk. *Strebel.*

Dänisch Leder, auch Suède oder Chairleder genannt, ist glacégares Handschuhleder, welches auf der geschlichteten oder dollirten Fleischseite gefärbt ist. Zur Herstellung desselben werden namentlich Felle verwendet, welche eine schadhafte Narbe besitzen.

Däumling, s. Daumen.

Daguerreotypie, s. unter Photographie.

Dahlmauer, Einfriedigung aus Bruchsteinen, welche ohne Anwendung von Mörtel zusammengefügt sind.

Dallastypie, Verfahren zur Herstellung von Buchdruckplatten vermittelst Photogalvanographie (s. d.), hat ausserhalb des britischen Reichs keine Verwendung gefunden.

Daltons Gesetz. Dasselbe besagt, dass der Druck eines Gases durch andere mit ihm im gleichen Raume befindliche Gase nicht geändert wird, so dass der Gesamtdruck eines Gemisches chemisch nicht auf einander wirkender Gase gleich der Summe der Drücke ist, welche die Bestandteile bei der gleichen Temperatur einzeln ausüben würden. Dalton hat das Gesetz zuerst ausgesprochen und durch Versuche mit Luft und Dampf gestützt [1], während Henry, Gay-Lussac, Regnault u. a. dasselbe innerhalb gewisser Grenzen bestätigt fanden. Andrews zeigte jedoch durch Versuche bis zu einigen hundert Atmosphären [2], dass das Gesetz bei hohen Drücken nicht mehr genügt und alsdann geradezu unrichtige Resultate liefern kann. Für Dämpfe von schwefliger Säure und Kohlensäure fand Braun bei Partialdrücken von weniger als einer halben Atmosphäre noch merkliche Abweichungen [3]. Margules wies nach [4], dass die Abweichungen eines Gemisches vom Dalton'schen Gesetz denselben Gang zeigen können wie die Abweichungen eines Gases vom Boyle'schen Gesetze. Am ausführlichsten hat die Frage in neuerer Zeit Galitzine behandelt [5], [6], wobei wie in früheren Fällen konstatirt wurde, dass der Gesamtdruck für gewisse Gemische und Drücke kleiner, für andere grösser als die Summe der Partialdrücke ist. Auf Grund aller Versuche und der kinetischen Gastheorie [7] hat man das Dalton'sche Gesetz, ähnlich dem Boyle'schen (s. d.), als einen Näherungsausdruck anzusehen, welcher jedoch für technische Zwecke auf die schwerst kondensirbaren Gase ohne weiteres, auf Gemische von Gasen und Dämpfen oder verschiedenen Dämpfen meist ebenfalls mit genügender Genauigkeit angewendet werden kann. Auf Grund des Dalton'schen Gesetzes sind z. B. die unter Boyle-Gay-Lussac'sches Gesetz gegebenen Ausdrücke 6., 7., 10. von R [man hat $p = p_1 + p_2 + \ldots = \frac{T}{V}(G_1 R_1 + G_2 R_2 + \ldots)$ für ein Gemisch aus Bestandteilen der Gewichte $G_1, G_2, \ldots$ im Raume V] und weitere Beziehungen für Gemische von Gasen und Dämpfen abgeleitet worden [8], [6] S. 770.

Litteratur: [1] Dalton, Eine neue Theorie über die Beschaffenheit gemischter luftförmiger Flüssigkeiten, besonders der atmosphärischen Luft. Nicholsons Journal 1801, Bd. 5, S. 241. Gilberts Annalen 1802, Bd. 12, S. 385; 1803, Bd. 15, S. 21. — [2] Andrews, Philosophical Magazine 1876, Bd. 1, S. 78. Philosophical transactions 1887, Bd. 178 A, S. 45. — [3] Braun, Wiedemanns Annalen 1888, Bd. 34, S. 943. — [4] Margules, Sitzungsber. d. Wiener Akademie 1889, Bd. 98, 2. Abt. a, S. 883. — [5] Galitzine, Ueber das Dalton'sche Gesetz, Strassburg 1890 (Inauguraldissertation). — [6] Galitzine, Wiedemanns Annalen 1890, Bd. 41, S. 588, 770, vergl. 1891, Bd. 42, S. 348. — [7] Meyer, Die kinetische Theorie der Gase, Breslau 1895, S. 31, 93. — [8] Zeuner, Technische Thermodynamik, Bd. 1, Leipzig 1887, S. 100; Bd. 2, Leipzig 1890, S. 305. *Weyrauch.*

Damasciren, Eisen und Stahl derart bearbeiten, dass er flammige und aderige Zeichnungen annimmt, fälschlich auch das Einhämmern von Silber oder Gold in Metallarbeiten, besonders in Säbelklingen. In Europa ahmt man den Damascenerstahl nach, indem man dünne Stäbe von Stahl, weichem oder weissem und hartem oder grauem Eisen über einander legt, zusammenschweisst, dann mit Schraubstock und Stange schraubenförmig umdreht, den so gewonnenen Stahl in vier oder mehrere Teile zerschneidet, diese wieder zusammenschweisst und

dann die Operation des Drehens und Schweissens noch einigemale wiederholt. Um parallele Streifen oder regelmässige Figuren zu erlangen, wird in die oberste Platte eines Päckchens verschiedenartiger Stahlplatten eine Zeichnung gravirt. Beim Hämmern presst sich dann der Stahl von unten in die Höhlung der Gravirung, so dass sämtliche Platten an dieser Stelle eine Ausbiegung erhalten, welche nach dem folgenden Aetzen als eine Damascirung erscheint. Bei der Mosaikdamascirung werden die, wie früher angegeben, zusammengewundenen Stäbe quer durch in kleine Stücke gehauen und diese an einander gelegt, geschweisst und geschmiedet. Crivelli in Mailand ahmte echte Damascenerklingen dadurch nach, dass er Schmiedeeisen und Stahl in einer grossen Anzahl dünner Schichten zusammen arbeitete. Am einfachsten bringt man das geflammte Aussehen, den sogen. Damast hervor, wenn man das schon polirte Stück dünn mit Wachs überzieht, in dieses die Flammenfiguren gravirt und nun Scheidewasser aufbringt, wodurch die schönsten Damastfiguren entstehen. Auch damascirt man Säbelklingen, indem man auf die polirte Klinge mit einer Mischung von Kalk und Wasser Flecke macht, an der Sonne trocknet, mit einer Auflösung von Vitriol in Wasser bestreicht und nach einiger Zeit abwischt. Eine Damascirung erhält man auch, wenn man mit einem Haarpinsel die Auflösung eines gewöhnlichen Aetzgrundes in Terpentinöl da aufträgt, wo glänzende Verzierungen oder blanke Stellen erscheinen sollen, in verdünnte Salpetersäure eintaucht oder der Wirkung aus einer Mischung von Kochsalz und Schwefelsäure frei werdender Salzsäuredämpfe aussetzt, bis die Politur verschwunden und eine gleichmässige Mattirung an ihre Stelle getreten ist. Nach Prechtl damascirt man Eisen mit Platin, indem man dünne Stahlbleche oder Stahl- und Eisenbleche mit einem Platindraht umwickelt, auf einander legt, mit dickerem Stahldraht umwickelt, so dass des letzteren Windungen sich berühren, um auf diese Weise noch nach aussen eine hinreichende Lage Stahl zu geben. Das Ganze wird zusammengeschweisst und weiter verarbeitet. Lässt man den fertigen Gegenstand blau anlaufen oder brünirt ihn, so tritt der glänzend weisse Platindamast auf blauem oder braunem Grund hervor. Damascirte Säbelklingen werden auch oft parfümirt, indem man sie über einem Kohlenfeuer glüht und dann mit einer Mischung von Bisam, Zibet, grauer Ambra und Behenöl bestreicht. *Andés.*

Damascirte Bronze, s. Bronzen, damascirte.

Damast (Leinendamast), s. Weberei.

Damastmaschine, besondere Vorrichtung an den Webstühlen, welche in Verbindung mit dem Jacquardgetriebe angewendet wird, um bei den Mustergeweben die den Damast kennzeichnende Bindung (Quadrate aus meist achtbindigem Atlas) zu erzeugen. Kurze Beschreibung in [1], eingehende in [2].

Litteratur: [1] Müller, Handbuch der Weberei, Leipzig 1894, S. 609. — [2] Lembcke, Mechan. Webstühle, 5. Forts., Braunschweig 1893, S. 130. *Müller.*

Damastpapier, ein weisses, naturfarbiges oder grundirtes, durch Pressen mit Mustern versehenes Papier, welches dadurch den Damastgeweben ähnlich wird. S. Buntpapiersorten.

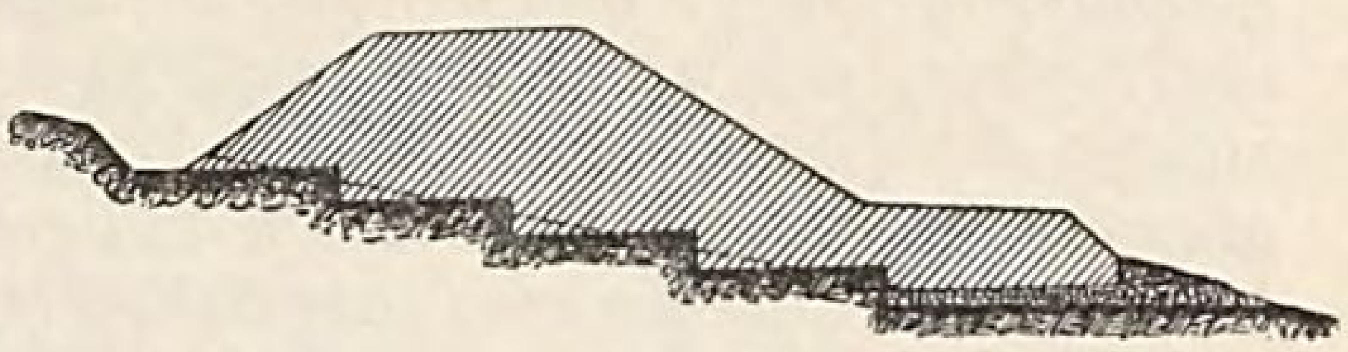
Damaststahl, s. Eisen.

Damm, jede im Verhältnis zu ihrer Breite lang ausgedehnte Anschüttung, dazu dienlich, den Unterbau für eine höher als das Gelände liegende Fahrbahn zu bilden oder Schutz gegen Ueberflutung zu bieten. Häufig werden beide Zwecke mit einander verbunden.

Besteht ein Strassen- oder Eisenbahndamm aus schlechteren, wenig bindenden und wenig widerstandsfähigen Bodenarten, so muss die Böschung flach bis zu 1:4 (Höhe zu Ausladung) angelegt werden, während Sand, Kies, sandiger Thon, Steingerölle etc. eine steilere Böschung bis zu $1:1\,^1/_4$ und 1:1 gestatten, besonders wenn letzteres Material genügend grosse und lagerhafte Stücke aufweist, die an den Böschungen regelrecht verpackt und geschichtet werden können. Ganz steile Böschungen lassen sich jedoch nur durch Stützmauern erreichen. Je weniger das Schüttungsmaterial vom Wasser aufgelöst und angegriffen wird, um so besser eignet es sich zur Dammschüttung. Weniger widerstandsfähiges Material erfordert dagegen eine nachträgliche Befestigung der Böschungen (s. Böschungsarbeiten). Am gefährlichsten ist die Verwendung von gefrorener Erde, da dieselbe oft noch nach Jahren zu Sackungen und Senkungen und zum Auseinanderfliessen des Dammes Veranlassung geben kann. In gewissen Höhen angebrachte Bermen (s. d.) verbreitern zwar die Basis des Dammes, tragen aber zur Feuchthaltung des Dammes bei, indem sie dem Regen Gelegenheit zum Eindringen bieten. Henz empfiehlt [1],

S. 137, bei hohen Eisenbahndämmen, 3—3,5 m unter der Krone jederseits eine Berme von 0,6 bis 0,8 m Breite anzulegen, um die abgerutschte oder schmäler gewordene Krone wieder profilmässig herstellen zu können. Auch werden derartige Bermen zu demselben Zweck 1—1,25 m unter der Krone angebracht, wobei dieselben gleichzeitig den Streckenarbeitern beim Passiren von Zügen als sicherer Aufenthaltsort dienen können. Bei Dämmen, die dem Wasserangriff ausgesetzt sind, wird die Berme in der Höhe der Wasserlinie angeordnet, um den unteren Teil des Dammes zu verstärken.

Die Ausführung der Dämme geschieht in der Weise, dass zunächst von der zu beschüttenden Fläche der Rasen oder die Ackerkrume abgehoben und zur späteren Verwendung für die Böschungsabdeckung zur Seite gesetzt wird. Bei seitwärts abhängenden Beschüttungsflächen muss ausserdem der Boden, wenn er wasserundurchlässig ist, terrassenförmig abgehoben werden (s. Fig.), damit kein Abrutschen des Auftrages erfolgt [2], S. 95. Ist die zu beschüttende Fläche quellig und feucht, so ist sie vor der Anschüttung durch Sickerschlitze oder Drainröhren zu entwässern und trocken zu legen. Namentlich ist bereits bei der Projektirung der Lage des Dammes auf etwaige im Boden befindliche, geneigt liegende, wasserundurchlässige Thon- oder Lehmschichten zu achten, da dieselben in ihrer Oberfläche vom durchsickernden Wasser aufgeweicht und schlüpferig gemacht, leicht die Ursache von Dammbewegungen und Rutschungen werden können, sobald durch das Gewicht der Anschüttung das Gleichgewicht der über ihnen lagernden Erdmassen gestört wird.



Bei nachgiebigem Sumpf- und Moorboden wird vielfach der Damm durch Ausbaggerung auf den festen Untergrund aufgesetzt. Liegt aber dieser feste Untergrund sehr tief und ist die Moornarbe tragfähig genug, so muss sie sorgfältig vor Verletzungen gehütet werden, wenn man den Damm ohne weiteres daraufsetzen will. Ist die Moordecke nicht genügend tragfähig, so schlitzt man sie beidseitig parallel zum Dammfuss in einiger Entfernung auf und versenkt gleichzeitig mit dem allmälich anzuschüttenden Damm die Moordecke (s. auch Moorstrassen). Vor Beginn der Schüttung werden etwaige Seitengräben ausgeworfen und das Dammprofil wird in gerader Strecke alle 50 m, in Bögen oder Krümmungen alle 35—20 m durch Lattenprofile festgelegt, wobei die Bekleidung der Böschung (s. Böschungsarbeiten), sowie das Sackmass der Dammböschungen berücksichtigt werden muss.

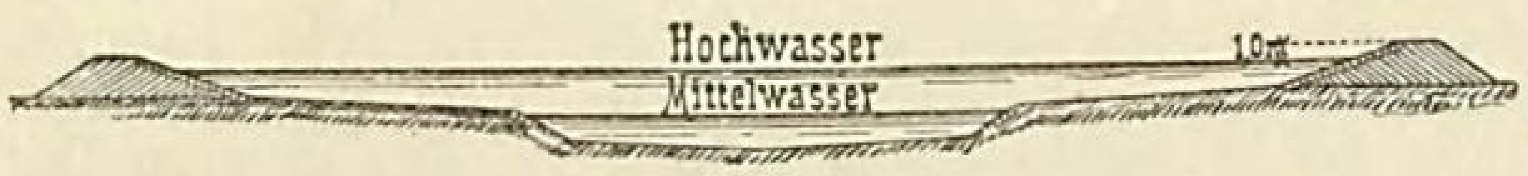
Die Schüttung selbst kann je nach den örtlichen Verhältnissen, dem Schüttungsmaterial und den zur Verfügung stehenden Schüttgefässen in verschiedener Weise erfolgen und zwar unterscheidet man: die Lagenschüttung (s. d.), die Kopfschüttung (s. d.), und die Seitenschüttung (s. d.). Bei sehr breiten Anschüttungen kann es von Vorteil sein, die Lagenschüttung mit der Kopfschüttung zu vereinigen. Endlich ist noch die Gerüstschüttung zu erwähnen, die bei der Lagenschüttung mit festen Gerüsten, bei der Kopfschüttung mit beweglichen Sturzgerüsten betrieben wird.

Besondere Sorgfalt ist bei der Anschüttung und Ueberschüttung von in der Dammlinie befindlichen Bauwerken (Durchlässe, Brücken u. s. w.) zu verwenden. Hier darf nur in dünnen Lagen unter sorgfältigem Stampfen an beiden Enden des Bauwerkes gleichmässig angeschüttet werden. Wird Kopfschüttung angewendet, so muss nicht allein an beiden Enden des Bauwerkes, sondern auch in genügender Höhe über demselben die Anschüttung in dünnen horizontalen Lagen ausgeführt werden, bevor mit der Kopfschüttung darüber weggegangen werden kann. Bei nachgiebigem Untergrund darf das Bauwerk nicht früher übergeschüttet werden, als bis der Damm auf beiden Seiten die volle Höhe erreicht hat und keine Senkung des Bodens mehr zu befürchten ist. Um ein Zusammenschieben der Fundamente des Bauwerkes zu verhindern, müssen in diesem Fall Erdgewölbe angewendet werden; oder man führt die Schüttung ganz durch und beginnt die Fundirungsarbeiten erst nachdem sich der Damm gesetzt hat.

Litteratur: [1] Henz, Prakt. Anleitung zum Erdbau, 2. Aufl., Berlin 1874, S. 134; Handb. d. Bauk., Abt. 3, Heft 4, Berlin 1892, S. 46; Handb. d. Ing.-Wiss., Bd. 1, Abt. 1, 2. Aufl., Leipzig 1883, Kap. 3, S. 401. — [2] Handb. d. spez. Eisenbahntechn., Kap. 3, S. 94. *L. v. Willmann.*

Damm. Bedeichungen an Gebirgsflüssen haben nicht allein den Zweck, einen Teil der Thalsohle gegen Ueberschwemmungen des Flusses zu sichern, sondern sie bilden in der Regel auch ein wichtiges Regulirungsmittel zur Einschränkung des Hochwasserprofils. Die diesem Doppelzweck dienenden Anlagen führen nur selten den Namen Deiche; in der Regel heissen sie Dämme. Sehr wichtig ist eine völlig hochwasserfreie Lage derselben, weil ein etwaiges Ueberströmen des Hochwassers weitgehende Zerstörungen zur Folge haben würde. Mit Rücksicht auf den grossen Unterschied zwischen der gewöhnlichen und der Hochwassermenge wird den Gebirgsflüssen bei ihrer Regulirung in der Regel

ein besonderes Niedrigwasserbett gegeben, um dadurch die kleineren Wassermengen zusammenzuhalten und die Bildung von Serpentinen zu verhindern. Das



Hochwasserbett wird dann durch die Dämme begrenzt, welche durch den zwischen Dammfuss und Niedrigwasserbett liegenden Streifen ein schützendes Vorland erhalten (s. Fig.). Der grossen Geschwindigkeit, welche das Hochwasser des Gebirgsflusses erreicht, vermag eine Rasenbekleidung des Vorlandes nicht immer zu widerstehen. Es wird deshalb mitunter eine Bepflanzung desselben durch niedriges Gebüsch vorgenommen, dessen Wurzeln die Festigkeit des Bodens erhöhen und dessen Zweige die Abflussgeschwindigkeit ermässigen. Auch zur Befestigung der Innendossirungen der Dämme genügt eine Berasung nicht mehr; in der Regel wird Pflaster angewendet, weil sich dies am billigsten stellt, oder der Damm wird ganz oder teilweise in Mauerwerk ausgeführt (vergl. auch Dossirungen bei Deichen und Deichkappe). — An der Durance sind statt der Längsdämme Querdämme zur Ausführung gelangt, welche in der Form langer Buhnen mit wagrechtem Rücken von der hochwasserfreien Linie des Ufers bis zum Flusse reichen und hier mit kurzen Flügeln versehen sind. Sie liegen über dem höchsten Wasserstand und haben eine Entfernung von 800—1000 m; ihr Zweck besteht darin, bei Hochwasser die Stärke der Strömung zu mässigen und die Ablagerung von Sinkstoffen zu befördern. *Frühling.*

Damm, Verdämmung oder Verspünden, im Bergbau der Abschluss eines Grubenbaues gegen das Eindringen von Wasser oder von schädlichen Luftarten. Wetterdämme sollen einerseits den Eintritt der in einem Teile der Grube sich entwickelnden gefährlichen Gase, z. B. Schlagwetter, in die übrigen Grubenbaue hindern, andererseits sperrt man beim Ausbruch von Grubenbrand das Brandfeld von den übrigen Grubenbauen durch Branddämme nicht nur ab, um den Austritt von Brandgasen (Kohlensäure und Kohlenoxydgas) zu verhüten, sondern auch, um die frische Luft vom Feuerherd fern zu halten und so den Grubenbrand zu ersticken. Vorläufig hergestellte Wetterdämme bestehen am zweckmässigsten aus zwei an der Grubenzimmerung oder an eingelegten Spreizen angeschlagenen Bretterverschlägen, deren Zwischenraum mit feuchtem Lehm oder mit Asche ausgefüllt wird; endgiltige Dämme führt man aus Bruchsteinen und Asche auf und lässt sie genügend in die Stösse eingreifen. Von aussen werden die Fugen mit Lehm verstrichen. Wetterdämme werden gewöhnlich vollständig geschlossen. — Wasserdämme sind nach dem verwendeten Material entweder Holzdämme oder Mauerdämme und zwar zerfallen die ersteren nach der verschiedenen Bauart in Balkendämme — die Balken liegen quer zur Richtung des Wasserdruckes — und in Keilverspünden: jedes Holz hat die Form einer abgestumpften Pyramide und liegt in der Richtung des Wasserdrucks, der Dammkörper bildet einen Teil einer Kugelschale und stützt sich gegen vier Widerlager. Die Verdichtung der Holzdämme erfolgt durch Verkeilen der Fugen. Die Mauerdämme werden in guten Ziegeln und Zementmörtel ausgeführt und sind entweder Cylinderdämme mit zwei Widerlagern oder besser Kugeldämme mit vier Widerlagern, die wie beim Keilverspünden eine abgestumpfte Pyramide bilden. Mauerdämme werden allmälich wasserdicht durch Versinterung der Poren. Da sie schon vor

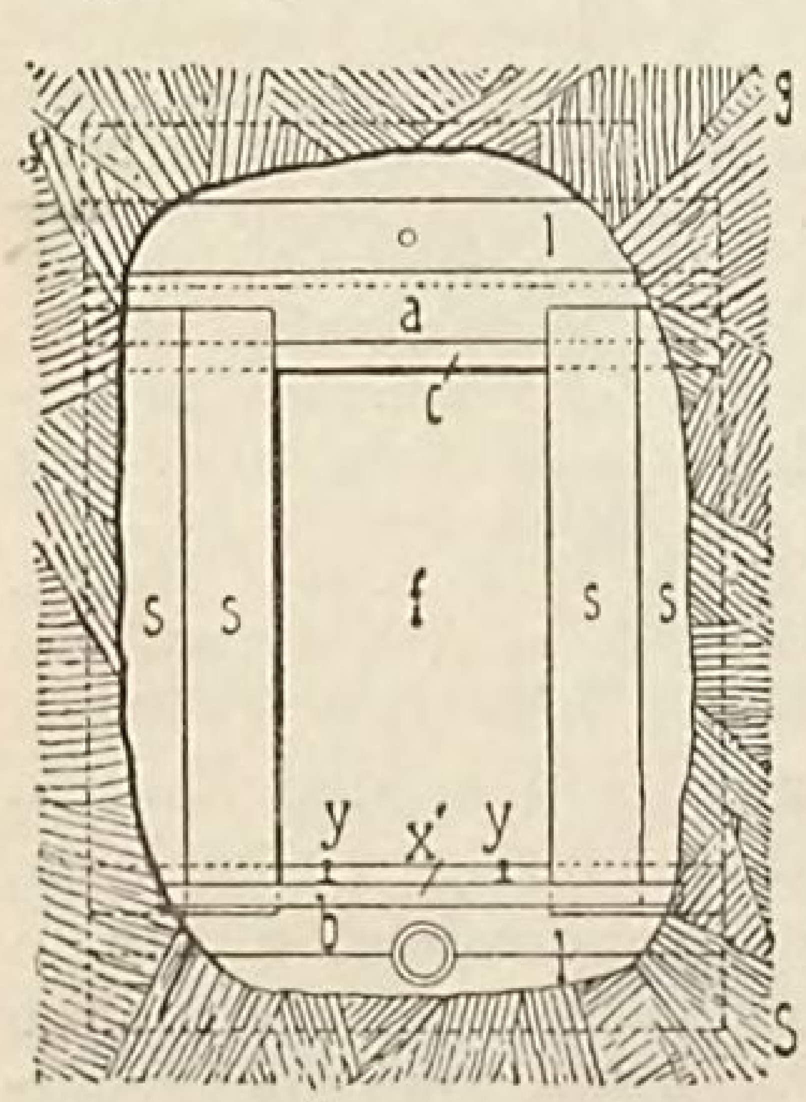


Fig. 1.

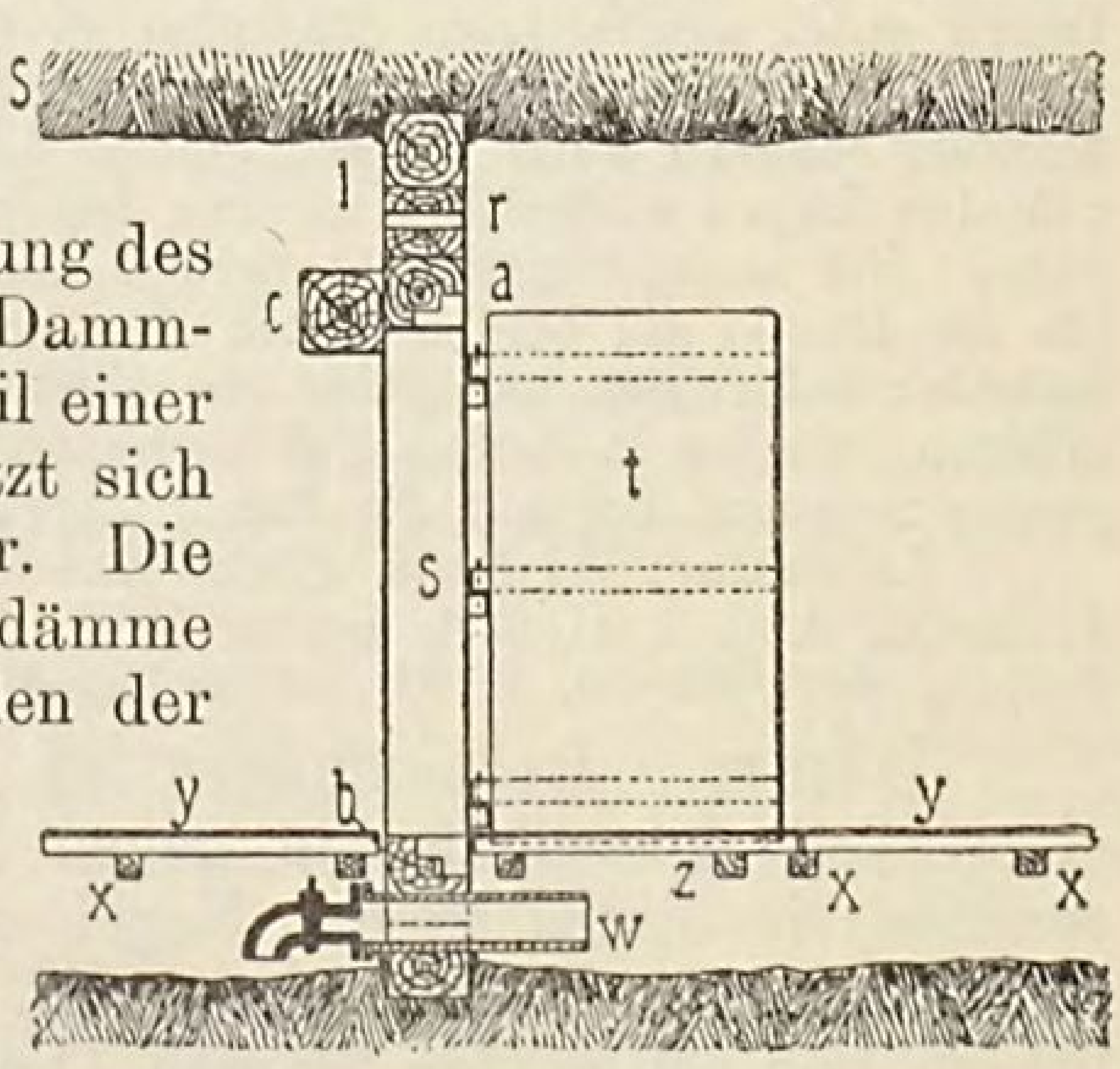


Fig. 2.

dem Einbrechen des Wassers hergestellt werden, haben sie häufig Oeffnungen für Fahrung und Förderung, welche durch entsprechende Thüren (Dammthüren) aus Holz oder Schmiedeeisen verschliessbar sind. Auch wird wohl zum allmälichen Ablassen des Wassers ein Wasserrohr mit Verschlussvorrichtung eingebaut.

Fig. 1 u. 2 zeigen einen Balkendamm mit Holzthür, auch Wasserblende genannt. Durch Einbau starker Balken in einen Schlitz *S*, welcher im ganzen Gestein durch Schlegel- und Eisenarbeit hergestellt ist, wird ein Thürrahmen gebildet, der die Oeffnung *f* für Fahrung und Förderung frei lässt. Zunächst an der Firste und Sohle werden liegende Balken *l* eingebaut, die Verbindung der stehenden Balken *s* mit der Thürkappe *a* und der Thürschwelle *b* erfolgt durch sogen. Versätze, ausserdem ist zur Verstärkung an der Thürkappe ein Holz *c* vorgelegt. Sämtliche Hölzer werden im Schlitz durch Verkeilen oder Zementiren der Zwischenräume abgedichtet. Die aus zwei sich kreuzenden Bohlenlagen gearbeitete Thür *t* bewegt sich in Angeln und kann nach Entfernung eines kurzen Stückes Schienenlauf *z* geschlossen werden; der (von rechts in Fig. 2) zu erwartende Wasserdruck würde sie fest andrücken. Das oben vorhandene Luftloch *r* soll die auf der Wasserseite vorhandene Luft entweichen lassen und wird später mittelst eines trockenen Spundes zugeschlagen; das nahe der Sohle eingebaute Wasserrohr *w* hat Hahnverschluss. Auf der Strecke ist durch Einbau der Stege *x*, auf denen die Laufpfosten und Schienen *y* befestigt sind, eine Wasserseige, d. h. ein Raum für das abfliessende Wasser, hergestellt.

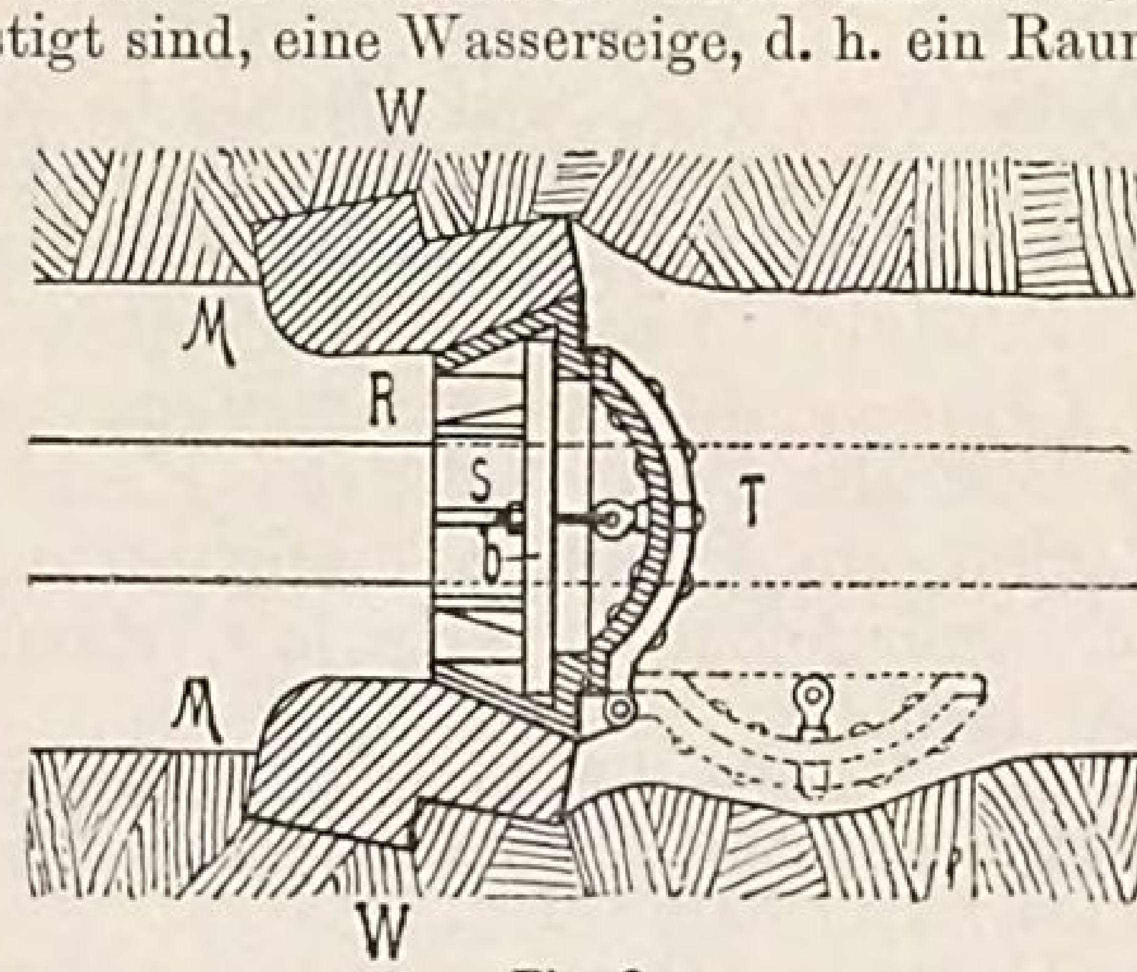


Fig. 3.

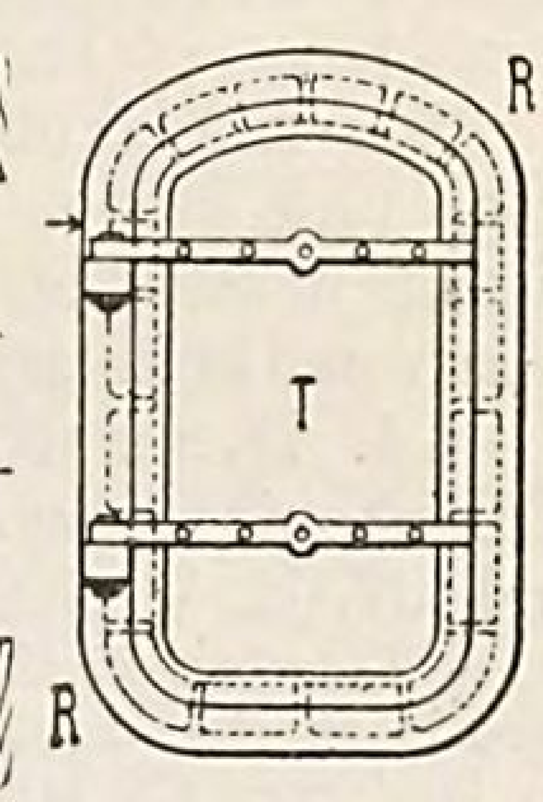


Fig. 4.

Fig. 3 und 4 stellen einen gemauerten Kugeldamm mit eiserner Dammthür *T* dar. Die Mauerung *M* stützt sich in der Firste, Sohle und in den beiden Stössen gegen abgesetzte Widerlager *W*. Der keilförmig gehaltene, gusseiserne Thürrahmen *R* ist durch Rippen verstärkt; an demselben geht die aus Kesselblech gewölbt geschmiedete Thür *T* in Angeln. Die Anschlagflächen sind glatt gehobelt, zur Dichtung dient geteerte Leinwand; die geschlossene Thür wird mittelst zweier vor den Rand des Thürrahmens gelegter Brücken *b* und dazu gehöriger Schrauben *s* angezogen. Für eintrümige Pferdeförderung hat die Thür eine lichte Weite von 940 und eine lichte Höhe von 1720 mm. Die Bochumer Fabrik von Heintzmann & Dreyer baut derartige Dammthüren für jede Beanspruchung und auch für zweitrümige Förderung.

Ist, wie z. B. häufig im Braunkohlenbergbau, ein Schwimmsandeinbruch (s. Schwimmendes Gebirge) zu befürchten, so pflegt man den Damm (auch Schutz genannt), um das Gebirge zu entwässern, so einzurichten, dass zwar der Sand zurückgehalten wird, das Wasser aber abfliessen kann. Dies erreicht man dadurch, dass stark abgespreizte Verschläge aus kräftigen Hölzern und Brettern hergestellt und mit Stroh oder Fichtenreisig in dicken Lagen hinterstopft werden; dieses Material dient als Filter und lässt nur reines Wasser durch, dessen Hebung mittelst Pumpen keine Schwierigkeiten bereitet.

Litteratur: Serlo, Leitfaden zur Bergbaukunde, Bd. I, S. 818, 4. Aufl., Berlin 1884. — Köhler, G., Lehrbuch der Bergbaukunde, S. 657, 3. Aufl., Leipzig 1892. — Treptow, E., Grundzüge der Bergbaukunde, S. 229, Wien 1892. *Treptow.*

Dammar heisst im Malaiischen „Harz, Harzthräne, brennbares Harz" [3] und nicht „Licht", wie Miquel [2] angegeben hat. Wir verstehen unter Dammar Harze verschiedener Abstammung, welche in Europa seit etwa 150 Jahren bekannt geworden sind, obwohl schon Rumphius (geb. 1627) darüber Ausführliches mitgeteilt hatte. In der Heimat der Dammarpflanzen werden die Harze nach äusseren Merkmalen ohne Rücksicht auf die Stammpflanzen unterschieden, als: Dammar putih, weisses Harz; Dammar batu, Steinharz; Dammar itam, schwarzes Harz; Dammar mekon, gelbes Harz; Dammar mata kutjing, Katzenaugenharz. Die Dammarpflanzen gehören den Familien der Coniferen, Dipterocarpaceen und Burseraceen an [3]. 1. Das ostindische Dammarharz, die am meisten zu uns kommende und gebräuchlichste Ware [1], [2], [4], [5] stammt von der Conifere Agathis Dammara *Richard* (Dammara orientalis *Lamb.*, D. alba *Rumph?* Agathis loranthifolia *Salisb.*, Pinus Dammara *Willd.*), welche auf Bergen des ostindischen Archipels und der Philippinen einheimisch ist, auf Amboina ausgedehnte Waldungen bildet.

Der Baum besitzt an der Stammbasis grosse Harzbeulen und das Harz fliesst aus Rissen freiwillig aus, oft in stalaktitischen Massen am Baume herabhängend; es wird aber auch durch

Harzung gewonnen [1], [4]. Das Harz „bildet gerundete, längliche, birnförmige, knollige oder stalaktitische Stücke oder formlose Massen von verschiedener Grösse und blass-zitronengelber Farbe, welche durchsichtig, trübe, am muscheligen Bruche glasglänzend, leicht zu einem weissen, fast geruchlosen Pulver zerreiblich sind, zwischen den Fingern etwas kleben, in Aether, Chloroform und Schwefelkohlenstoff reichlich, weniger in Weingeist löslich sind und stark klebende Lösungen geben. Das frische Harz hat einen balsamischen, terpentinartigen Geruch; beim längeren Lagern, wobei die Stücke an der Oberfläche mit einem weissen Pulver sich bedecken, wird es fast geruchlos; gekaut, zerfällt es in ein weisses, an den Zähnen nicht haftendes Pulver" [4]. Nach A. B. Dulk [1] enthält Dammar fünf Harze, darunter das Damaryl, einen Kohlenwasserstoff mit der Formel $C_{46}H_{32}$ [6]. B. Graf [8], [7] findet eine zweibasische Säure $C_{18}H_{33}O_3$ (1 %), ferner in Alkohol unlösliche Bestandteile (40 %) und einen in Alkohol löslichen Teil mit der Formel $C_{10}H_{42}O_2$. Die verschiedenen Löslichkeitsverhältnisse in Alkohol leisten keine brauchbaren Unterscheidungscharaktere (Verfälschung mit Kolophonium nach Schweissinger, Pharm. Zentralblatt, Bd. 28, S. 459), wohl aber die Säurezahl, welche nach Kremel 31 beträgt. Rowland Williams gab für drei Proben Dammar an:

	Verseifungszahl	Säurezahl	Esterzahl	Aufnahmezahl für Jod
I.	3640	22,4	14	117,67
II.	3110	26,6	14,5	142,24
III.	4070	21,0	19,7	130,24

Ausserdem enthält Dammar etwas Gummi und mineralische Substanzen [7]. Spez. Gew. 1,04—1,12. Ferrichlorid und Bleiacetat fällen nach Hirschsohn nicht, konzentrirte Schwefelsäure färbt rot.

2. Ein ähnliches Harz sollen die Dipterocarpaceenarten Hopea micrantha *Hook* und Hopea splendida *Vriese*, in Hinterindien einheimisch, liefern (vergl. hierzu namentlich [3]). — 3. Das australische oder neuseeländische Dammarharz von Dammara australis *Don.*, bildet den Kaurikopal des Handels (s. Kopal).

4. Dammar selan, ein gelbes, bräunliches und selbst schwarzes Harz, von Kolophoniumgeruch, sehr leicht pulverisirbar, stammt von Shorea selanica *Blume* und deren Varietät latifolia.

Letztere wurde auch Engelhardtia spicata *Blume* genannt, obwohl die Gattung Engelhardtia zu den Juglandaceen gehört. Diese Bezeichnung hat demnach zu entfallen, weil die Juglandaceen (Nussbäume) kein Harz liefern [3].

5. Schwarzer Dammar (Dammar itam) stammt von Canariumarten, gehört also zu den Elemiharzen (Burseraceen). — 6. Das Saulharz [2], [3], angeblich von Shorea robusta *Roxb.* (oder *Rot?*) und der Pink- oder rote Dammar [1] sind in ihrer Abstammung nur ungenügend bekannt. Der Piney-Dammar ist ein Talg von Vateria malabarica. — Die Abfälle bei der Auslese der Stücke werden geschmolzen, erscheinen in festem Zustande als schlackenartige, graugrünliche Massen und bilden den Kunstdammar oder holländischen Dammar. Die Lösung des Dammars (aber nur der farblosen Stücke) in Terpentinöl heisst Dammarlack (s. d.). Seine Farblosigkeit, genügende Härte, sowie der nicht zu grelle Glanz lassen eine ausgebreitete technische Verwendung desselben zum Firnisüberzug für Gemälde, zu lichtem Anstrich für lichtes Holz, zur Einschliessung mikroskopischer Objekte u. s. w. zu. In der Pharmakopöe bildet er einen Bestandteil des Emplastrum adhaesivum.

Litteratur: [1] Martiny, Encyklopädie der mediz.-pharmaceut. Naturalien- und Rohwarenkunde, Leipzig 1859, Bd. 2, S. 654. — [2] Wiesner, Rohstoffe des Pflanzenreiches, Leipzig 1873, S. 112; daselbst reichliche Litteraturangaben. — [3] C. Müller, Ueber Dammar und Dammar liefernde Pflanzen, Ber. d. pharmac. Gesellsch., 1891, Bd. 1, S. 363—382, die beste kritische Untersuchung über d. Abstammung der Dammarsorten. — [4] A. Vogl, Arzneikörper, Kommentar zur 7. Ausgabe der österr. Pharmakopöe, Wien 1892, Bd. 2, S. 449. — [5] Geissler-Möller, Realencyklopädie der gesamten Pharmacie, Wien 1887, Bd. 3, S. 384. — [6] Ibid., Bd. 3, S. 253. — [7] Ibid., 1891, Bd. 10, S. 809. — [8] Graf, Archiv f. Pharm., 1889, Bd. 27, S. 97. *T. F. Hanausek.*

Dammarlacke, wasserhelle oder schwachgelblich gefärbte Lacke, die hellsten, die überhaupt hergestellt werden, sind Lösungen von Dammar (s. d.), in Terpentinöl auf warmem oder kaltem Wege bereitet, im ersteren Falle immer hell und klar, im letzteren durch in der Lösung fein verteiltes Wasser milchig getrübt, dienen zum Lackiren von weissen und ganz hellfarbenen Anstrichen (z. B. Marmorimitationen), trocknen zwar ziemlich rasch, da sie selten trocknendes Oel enthalten, bleiben aber immer weich, ja in der Wärme sogar klebrig und können für äussere Arbeiten nicht verwendet werden. Dammarlacke sind ziemlich häufig Fälschungen unterworfen, indem ein Teil des Dammars in denselben durch weisses (gebleichtes) Kolophonium oder Galipot, auch dicken Terpentin ersetzt wird, was zur Folge hat, dass dieselben noch weniger erhärten und rascher zu Grunde gehen. *Andés.*

Dammbalken, die in Falze eingelassenen Balken von rechteckigem Querschnitt zum Verschlusse von Wehröffnungen; s. Stauanlagen.

Dammbewegungen entstehen entweder durch schlechte Beschaffenheit der Anschüttung [1] oder durch Bewegung des Untergrundes infolge von Gleichgewichtsstörungen [2]. Gelangt die Erde nass oder gefroren in den Damm oder ist dieselbe untermischt mit vegetabilischen, der Fäulnis unterworfenen Stoffen, so bildet sich bald ein Schlamm, der aus einander läuft (Fig. 1). Sind ausserdem durch Anwendung der Seitenschüttung (s. d.) steile Lagen entstanden (Fig. 2), so bleibt häufig ein hoher Kern stehen, während die seitlichen Schichten abrutschen.

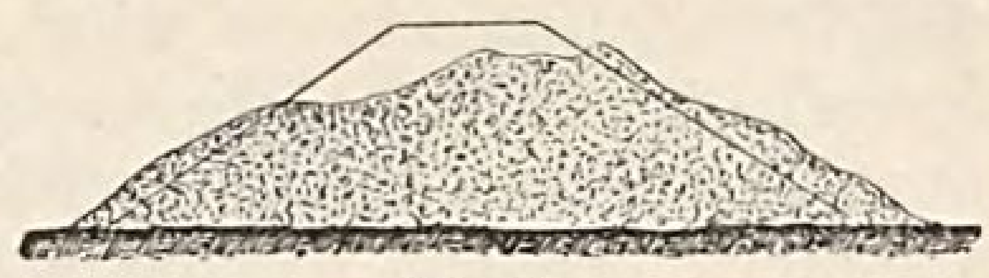


Fig. 1.

Ist in solchen Fällen die Erde nicht aufgelöst, so wird es genügen, dieselbe abzugraben und, sobald sie ausgetrocknet ist, in horizontalen Schichten wieder anzuschütten. Ist aber die Erde aufgelöst, also verdorben, so ist es am geratensten, dieselbe vollständig zu entfernen und durch gute, horizontal abgelagerte zu ersetzen. Auch kann man unter Umständen bei Dämmen, die aus schlechter Erde geschüttet werden müssen, wie bei den Einschnitten (s. d.), durch Anbringung von Sickerschlitzen den Wasserabzug befördern und den Damm dadurch trocken legen.

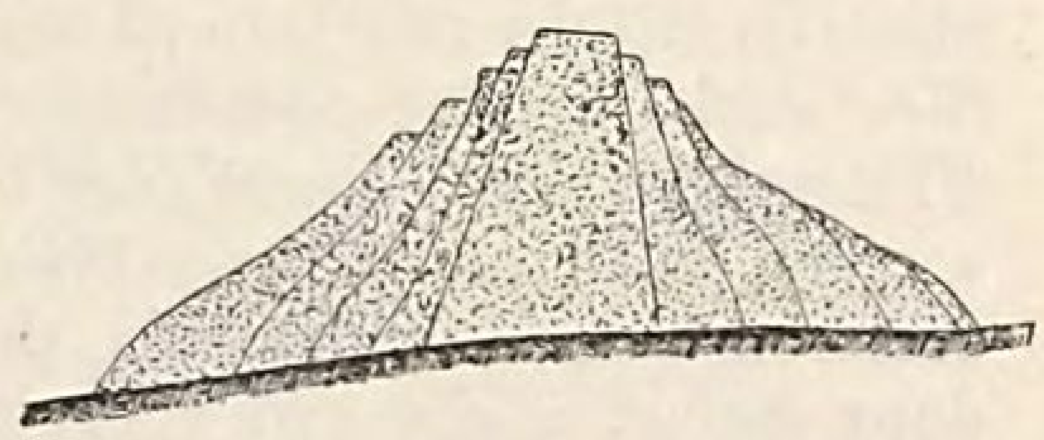


Fig. 2.

Beruht die Dammbewegung auf einer Bewegung des Untergrundes, so ist die Ursache derselben durch Untersuchung des letzteren zu ermitteln.

In den meisten Fällen wird diese Bewegung auf eine oder mehrere geneigt liegende, wasserführende, undurchlässige Thonschichten zurückgeführt werden können, auf deren schlüpfriger Oberfläche infolge der geringeren Reibung die durch die Anschüttung in ihrem Gleichgewicht gestörte obere Bodenschicht abzurutschen beginnt. Besonders gefährlich und schwer zu ermitteln ist ein mehrfaches Uebereinanderliegen derartiger Gleitschichten. Das einzige Mittel, solcher Rutschungen Herr zu werden, besteht in der Trockenlegung der Gleitschichten durch Abfangen etwaiger Quellen oberhalb der Anschüttung und durch Ableitung der atmosphärischen Niederschläge, da hierdurch die Reibung auf den Gleitflächen vermehrt und ein Gleichgewichtszustand herbeigeführt werden kann, der andernfalls auch durch die stärksten Stützmauern und Fussbankette nicht erzielt wird.

Litteratur: [1] Handb. d. Bauk., Abt. III, Heft 4, Berlin 1892, S. 74. — [2] Handb. f. spez. Eisenb.-Techn., Kap. III., S. 108. — [3] Handb. d. Ing.-Wiss., Bd. 1, Abt. III, 2. Aufl., Leipzig 1887, Kap. VIII, S. 15. — [4] Henz, Prakt. Anleitung z. Erdbau, 3. Aufl., Berlin 1877, S. 158. — [5] Lorenz, Entwässerungs- und Bauarbeiten im Rutschterrain, Zürich 1876.

L. von Willmann.

Dammgrube, s. Eisengiesserei.

Dammstein des Hochofens, s. Eisen.

Dammthüre, s. Damm, S. 121.

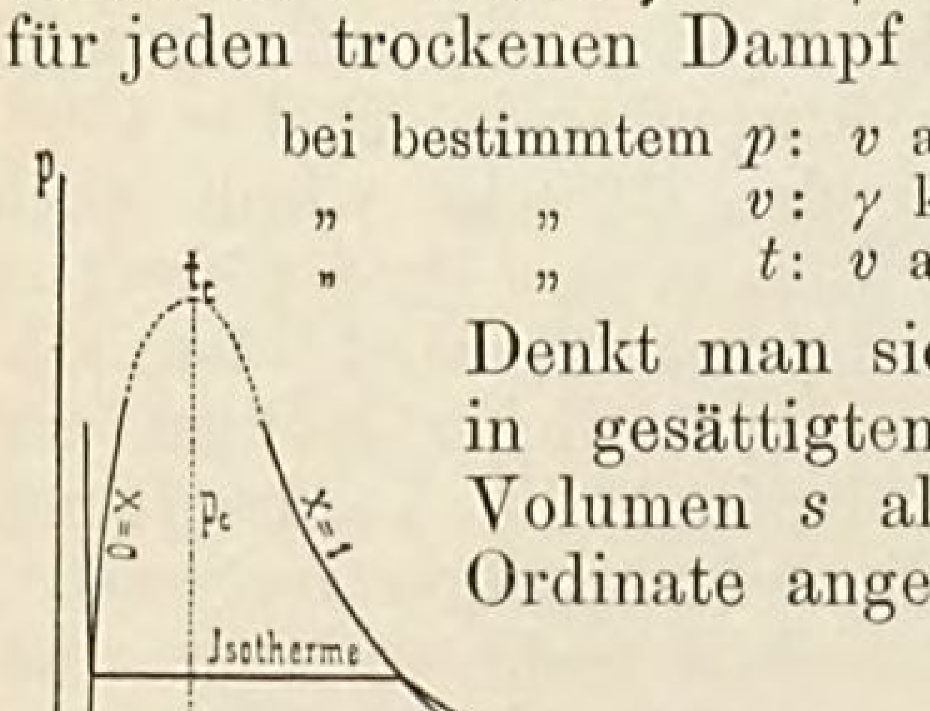
Dampf. Als Dämpfe pflegt man gasförmige Körper (s. d.) dann zu bezeichnen, wenn deren Herstellbarkeit aus Flüssigkeit oder deren Kondensirbarkeit in solche mit in Betracht gezogen wird. Steht die Flüssigkeit an ihrer Oberfläche mit der freien Atmosphäre oder einem andern Gase in Berührung, so ist der Beginn der Dampfbildung, das sogenannte Verdunsten, an keine bestimmte Temperatur gebunden. Dagegen beginnt das Verdampfen im engeren Sinne, die Bildung von Dampfblasen im Innern der Flüssigkeit, erst bei einer Temperatur t, welche allein von dem spezifischen Drucke p (Druck per Quadrateinheit) auf die Flüssigkeit abhängt, d. h. eine Funktion dieses Druckes ist,

$$t = f(p), \qquad p = \varphi(t). \qquad 1.$$

Die Flüssigkeit heisst dann siedend (über Abweichungen s. Siedeverzug). Für Wasser von einer normalen Atmosphäre Druck beispielsweise ist $t = 100^0$. Eine Erniedrigung der Temperatur bei gleichbleibendem Drucke würde auch eine Kondensation des Dampfes zur Folge haben, Verdampfungstemperatur oder Siedetemperatur und Kondensationstemperatur sind identisch. — Wird einer Flüssigkeit, auf deren Oberfläche ein beweglicher Kolben den konstanten Druck p ausübt, Wärme zugeführt, so beginnt die Verdampfung, sobald die Temperatur $t = f(p)$ erreicht ist. Wird die Wärmezufuhr fortgesetzt, so dauert auch die Verdampfung fort, bis keine Flüssigkeit mehr vorhanden ist, wobei sich der Kolben fortwährend aufwärts bewegt. Nun beobachtet man, dass innerhalb dieser ganzen Zeit die Temperatur konstant $t = f(p)$ bleibt, trotz fortdauernder Wärmezufuhr und trotz der Volumenzunahme des Gemischs von Dampf und Flüssigkeit. Es besteht also für dies Gemisch keine Beziehung

zwischen p, t und dem Volumen, sondern nur die obige zwischen p und t. — Hätte man den Kolben von vornherein etwas über die Oberfläche gestellt, so würde er einige Zeit an seiner Stelle geblieben sein, dann aber bei genügender Dampferzeugung ebenfalls die Aufwärtsbewegung begonnen haben. Von dem gleichen Zeitpunkte an würde der Druck gewachsen sein, wenn man den Kolben festgehalten hätte. Dies zeigt, dass ein bestimmter Raum bei konstanten p, t nur ein gewisses Dampfgewicht aufnehmen kann, welches, wenn die Verdampfung andauert, erreicht werden muss. Man nennt daher diesen über der Flüssigkeit angesammelten Dampf von grösster Dichtigkeit gesättigten Dampf. Die Temperatur des gesättigten Dampfes ist gleich der (normalen) Siedetemperatur $t = f(p)$. Wenn also auch das spezifische Volumen v (Volumen der Gewichtseinheit) eines Gemischs von Dampf und Flüssigkeit nicht durch p oder t bestimmt ist, so ist dies doch für das spezifische Volumen s des reinen, gesättigten Dampfes (ohne Flüssigkeitsbeimischung) der Fall. — Dämpfe mit und ohne Flüssigkeitsbeimischung werden auch als nasse Dämpfe und trockene Dämpfe bezeichnet. Ist bei ersteren x das Verhältnis des Gewichts reinen Dampfes zum Gesamtgewicht, dann heisst x die spezifische Dampfmenge. Dieselbe gibt also auch das Gewicht des reinen Dampfes in der Gewichtseinheit Gemisch an. Für reinen Dampf allein ist $x = 1$, für reine Flüssigkeit $x = 0$. Solange noch Flüssigkeit vorhanden war, sahen wir alle Wärme, welche vom Beginn der Verdampfung an zugeführt wurde, für das Thermometer verschwinden, da die Temperatur seither konstant blieb. Man nannte diese verschwundene Wärme früher allgemein latente Wärme; jetzt weiss man, dass sie als Wärme gar nicht mehr vorhanden zu sein braucht, sondern zur Ueberwindung des äussern Drucks p, der Wechselwirkung der Flüssigkeitsteilchen u. s. w. gedient haben kann, und nennt sie häufiger für die Gewichtseinheit Flüssigkeit Verdampfungswärme r. Wenn nun aber keine Flüssigkeit mehr vorhanden ist, so braucht man auch keine Wärme mehr zur Ueberwindung jener Wechselwirkung, und thatsächlich zeigt sich, dass mit weiterer Wärmezufuhr unter konstantem Drucke p nicht nur das Volumen, sondern auch der Druck wächst; der Dampf aber heisst jetzt überhitzt. Ueberhitzter Dampf hat also bei gleichem Drucke eine höhere Temperatur als gesättigter Dampf, und man bezeichnet als Ueberhitzung τ gerade diese Erhebung der augenblicklichen Temperatur über die dem augenblicklichen Drucke entsprechende Sättigungstemperatur $f(p)$. Das gleichzeitige Wachsen von v und t beim Drucke p geht nun nicht unregelmässig vor sich, es besteht für überhitzte Dämpfe eine Beziehung zwischen p, v, t, welche die Zustandsgleichung derselben heisst. — Erhält man die Temperatur überhitzten Dampfes konstant und lässt den Druck wachsen (vergl. Figur), so wird sich das Volumen verringern. Sobald hierbei der Druck $p = \varphi(t)$ eintritt (s. oben), ist aus dem überhitzten Dampf gesättigter geworden, für welchen bei konstanter Temperatur auch der Druck konstant bleibt und mit jeder Verringerung des Volumens ein Flüssigkeitsniederschlag verbunden ist. Da hiernach im Augenblick der Sättigung der grösste Druck des Dampfes von bestimmter Temperatur erreicht ist, so hat man die gesättigten Dämpfe auch mitunter als Dämpfe im Maximo der Spannung bezeichnet. Wenn $\gamma = 1/v$ das Gewicht der Volumeneinheit bedeutet, dann ist für jeden trockenen Dampf im Sättigungspunkte

bei bestimmtem p: v am kleinsten, γ am grössten, t am kleinsten, $\tau = 0$;
„ „ v: γ konstant, p am kleinsten, t am kleinsten, $\tau = 0$;
„ „ t: v am kleinsten, γ am grössten, p am grössten, $\tau = 0$.



Denkt man sich eine Gewichtseinheit (1 kg) Flüssigkeit vollständig in gesättigten Dampf übergegangen und zu jedem spezifischen Volumen s als Abscisse den entsprechenden Dampfdruck p als Ordinate angetragen (s. Fig.), so erhält man als Verbindung der Ordinatenendpunkte eine Kurve, welche nach Zeuner die Grenzkurve s heisst. Denken wir uns ebenso zu den spezifischen Volumen σ der Flüssigkeit im Siedepunkte die entsprechenden Drücke p als Ordinaten angetragen, so bestimmen die

Endpunkte dieser Ordinaten eine zweite Kurve σ. Ueber den etwaigen Zusammenhang beider Kurven siehe Kritische Temperatur, Gasförmige Körper. Sind die Linien s, σ verzeichnet, und wird der „Zustand“ (s. d. und Mechanische Wärmetheorie, Energie) des betrachteten Körpers durch einen Punkt angedeutet, dessen Abscisse v und Ordinate p sein spezifisches Volumen und seinen spezifischen Druck darstellen, so lässt sich sofort beurteilen, ob man es mit überhitztem Dampfe, nassem Dampfe oder Flüssigkeit allein zu thun hat. Liegt der Punkt p, v über der Grenzkurve, so ist der Dampf überhitzt; liegt p, v gerade auf der Grenzkurve, so ist er rein gesättigt; liegt p, v zwischen Grenzkurve und Kurve σ, so ist er nass; liegt p, v auf der Kurve σ, so haben wir reine Flüssigkeit im Siedepunkte, und liegt p, v zwischen σ und der Ordinatenaxe, so haben wir reine Flüssigkeit unterm Siedepunkte. Die genauen Gesetze der Kurven σ, s sind nicht bekannt, für Wasserdampf kann man innerhalb der technisch wichtigen Drücke (jedenfalls von 0,1 bis 14 Atm.) mit Zeuner setzen:

$$ps^n = a \text{ mit } n = 1{,}0646, \; a = 1{,}7049, \qquad 2.$$

das heisst auch wegen $\gamma = \frac{1}{s}$: $$\gamma = a p^{\frac{1}{n}} \text{ mit } \frac{1}{n} = 0{,}9393, \; \alpha = 0{,}6061, \qquad 3.$$

wobei p in Atmosphären auszudrücken ist. — Die Uebereinstimmung dieser Formeln mit den in Tabelle II unter „Dampf, gesättigter“ angeführten Werten zeigt folgende Zusammenstellung nach [1], S. 36:

Für	$p =$	0,5	1	2	3	4	6	8	10	12	14	Atm.
Nach Tabelle II	$\gamma =$	0,315	0,606	1,163	1,702	2,230	3,263	4,274	5,270	6,254	7,228	kg
Nach Formel 3	$\gamma =$	0,316	0,606	1,162	1,701	2,229	3,262	4,274	5,270	6,255	7,229	„

Weiteres s. Dampf, gesättigter, und Dampf, überhitzter, Clapeyron'sche Gleichung, Clausius'sche Temperaturfunktion, gasförmige Körper, kritische Temperatur u. s. w. Ueber die Erklärung des Verdampfungsprozesses s. [2], Bd. 3, S. 12.

Litteratur: [1] Zeuner, Technische Thermodynamik, Bd. 2, Die Lehre von den Dämpfen, Leipzig 1890. — [2] Clausius, Die mechanische Wärmetheorie, Bd. 1, Braunschweig 1887, S. 129; Bd. 3, Braunschweig 1889—91, S. 12, 215. — [3] Wüllner, Lehrbuch der Experimentalphysik, Bd. 3, Die Lehre von der Wärme, Leipzig 1885, S. 606 (Neue Auflage im Erscheinen). — [4] Rühlmann, Handbuch der mechanischen Wärmetheorie, Bd. 1, Leipzig 1876, S. 559. — [5] Meyer, die kinetische Theorie der Gase, Breslau 1895, S. 96. — Weitere Litteratur s. unter Dampf, gesättigter und überhitzter.

Weyrauch.

Dampf, gesättigter. Ueber den Begriff s. Dampf. Die Beziehung zwischen dem Drucke p und der Temperatur t des gesättigten Dampfes ($t = f(p)$ oder $p = \varphi(t)$) konnte bis jetzt nur empirisch ermittelt werden, wobei für technische Zwecke insbesondere die umfassenden Versuche von Regnault [1] in Betracht kommen. Zeuner hat darnach u. a. die folgende Uebersichtstabelle berechnet [2] S. 18.

Tabelle I. Temperatur t (nach Celsius) für gesättigte Dämpfe.

Druck p in Atm. zu 10333 kg per qm	Wasser	Aether	Alkohol	Aceton	Chloroform	Chlorkohlenstoff	Schwefelkohlenstoff	Quecksilber	Ammoniak	Schweflige Säure	Druck p in Atm. zu 10333 kg per qm
	Grad	Grad	Grad	Grad	Grad	Grad	Grad	Grad	Grad	Grad	
1	100,00	34,96	78,30	56,32	60,18	76,52	46,25	357,35	—32,90	—10,01	1
2	120,60	55,87	96,82	78,03	82,59	101,37	69,25	397,32	—18,12	6,69	2
3	133,91	69,61	108,83	92,30	97,55	117,91	84,46	423,01	— 8,57	17,72	3
4	144,00	80,21	117,98	103,26	109,04	130,50	96,17	442,47	— 1,32	27,02	4
5	152,22	88,96	125,49	112,30	118,56	141,18	105,86	458,33	4,61	33,28	5
6	159,22	96,47	131,91	120,08	126,78	150,19	114,21	471,85	9,68	39,38	6
7	165,34	103,09	137,57	126,95	134,08	158,12	121,59	483,71	14,13	44,80	7
8	170,81	109,01	142,65	133,15	140,66		128,25	494,32	18,11	49,71	8
9	175,77	114,37	147,28	138,81	146,71		134,34	504,36	21,74	54,23	9
10	180,31	119,39	151,54	144,05	152,34		139,97	513,44	25,08	58,15	10

Für Wasserdampf ergeben sich weiter zu den in der ersten Kolumne der folgenden ausführlicheren Tabelle angeführten Drücken in Atmosphären zu 10 333 kg per qm oder 760 mm Quecksilbersäule die daneben stehenden Temperaturen nach Celsius (vergl. [2] S. XXIV, [3] S. 154). — Um bei konstantem Drucke p 1 kg gesättigten Dampf von t Grad aus ebenso viel Flüssigkeit von 0 Grad zu

erzeugen, ist eine Wärmemenge λ nötig, welche die Gesamtwärme des Dampfes heisst. Für Wasserdampf kann man nach Regnault von 0 bis 230° setzen:

$$\lambda = 606{,}5 + 0{,}305\, t \text{ Kalorien.} \qquad 1.$$

Die Gesamtwärme zerfällt in die Flüssigkeitswärme q, zur Erhöhung der Flüssigkeitstemperatur von 0 auf t^0, und in die Verdampfungswärme r (latente Wärme), zur Verwandlung der Flüssigkeit von t^0 in Dampf von t^0,

$$\lambda = q + r\,, \qquad r = \lambda - q. \qquad 2.$$

Für Wasserdampf hat man nach Regnault:

$$q = t + 0{,}00002\, t^2 + 0{,}0000003\, t^3 \text{ Kalorien.} \qquad 3.$$

Diese Werte sind in Kolumne 3 der Tabelle II eingetragen. Aus 3. folgt die spezifische Wärme (bei konstantem Druck) des Wassers:

$$c = \frac{dq}{dt} = 1 + 0{,}00004\, t + 0{,}0000009\, t^2. \qquad 4.$$

Tabelle II. Gesättigte Wasserdämpfe.

p Atmosphären	t Grad Celsius.	q Kalorien	ϱ Kalorien	Apu Kalorien	u Kubikmeter	$\frac{\varrho}{u}$	γ Kilogramm
0,02	17,83	17,838	561,296	32,804	67,303	8,3398	0,0149
0,04	29,35	29,375	552,184	33,893	34,769	15,882	0,0288
0,06	36,56	36,601	546,481	34,569	23,641	23,116	0,0423
0,08	41,92	41,977	542,241	35,067	17,987	30,146	0,0556
0,10	46,21	46,282	538,848	35,464	14,552	37,029	0,0687
0,12	49,83	49,917	535,984	35,797	12,241	43,786	0,0817
0,15	54,37	54,477	532,393	36,213	9,9063	53,743	0,1009
0,2	60,45	60,589	527,584	36,764	7,5428	69,945	0,1326
0,3	69,49	69,687	520,433	37,574	5,1393	101,27	0,1945
0,4	76,25	76,499	515,086	38,171	3,9157	131,54	0,2553
0,5	81,71	82,017	510,767	38,637	3,1708	161,08	0,3153
0,6	86,32	86,662	507,121	39,045	2,6703	189,91	0,3743
0,7	90,32	90,704	503,957	39,387	2,3088	218,28	0,4329
0,8	93,88	94,304	501,141	39,688	2,0357	246,18	0,4910
0,9	97,08	97,543	498,610	39,957	1,8218	273,69	0,5486
1,0	100,00	100,500	496,300	40,200	1,6495	300,88	0,6059
1,1	102,68	103,216	494,180	40,421	1,5078	327,75	0,6628
1,2	105,17	105,740	492,210	40,626	1,3892	354,31	0,7193
1,3	107,50	108,104	490,367	40,816	1,2883	380,63	0,7756
1,4	109,68	110,316	488,643	40,993	1,2015	406,69	0,8316
1,5	111,74	112,408	487,014	41,159	1,1259	432,56	0,8874
1,6	113,69	114,389	485,471	41,315	1,0596	458,16	0,9429
1,7	115,54	116,269	484,008	41,463	1,0008	483,62	0,9982
1,8	117,30	118,059	482,616	41,602	0,9484	508,87	1,0533
1,9	118,99	119,779	481,279	41,734	0,9013	533,98	1,1083
2,0	120,60	121,417	480,005	41,861	0,8589	558,86	1,1629
2,1	122,15	122,995	478,779	41,981	0,8203	583,66	1,2176
2,2	123,64	124,513	477,601	42,096	0,7852	608.25	1,2719
2,3	125,07	125,970	476,470	42,207	0,7530	632,76	1,3263
2,4	126,46	127,386	475,370	42,314	0,7235	657,04	1,3803
2,5	127,80	128,753	474,310	42,416	0,6962	681,28	1,4343
2,6	129,10	130,079	473,282	42,515	0,6710	705,34	1,4881
2,7	130,35	131,354	472,293	42,610	0,6476	729,30	1,5418
2,8	131,57	132,599	471,328	42,702	0,6258	753,16	1,5954
2,9	132,76	133,814	470,387	42,791	0,6055	776,86	1,6488
3,0	133,91	134,989	469,477	42,876	0,5865	800,47	1,7021
3,1	135,03	136,133	468,591	42,960	0,5686	824,11	1,7556
3,2	136,12	137,247	467,729	43,040	0,5519	847,49	1,8086
3,3	137,19	138,341	466,883	43,119	0,5362	870,73	1,8615
3,4	138,23	139,404	466,060	43,196	0,5213	894,03	1,9147
3,5	139,24	140,438	465,261	43,269	0,5072	917,31	1,9676
3,6	140,23	141,450	464,478	43,342	0,4940	940,24	2,0203
3,7	141,21	142,453	463,703	43,413	0,4814	963,24	2,0729
3,8	142,15	143,416	462,959	43,480	0,4695	986,07	2,1255
3,9	143,08	144,368	462,224	43,548	0,4581	1008,9	2,1780

p Atmosphären	t Grad Celsius	q Kalorien	ϱ Kalorien	Apu Kalorien	u Kubikmeter	$\frac{\varrho}{u}$	γ Kilogramm
4,0	144,00	145,310	461,496	43,614	0,4474	1031,6	2,2303
4,1	144,89	146,222	460,792	43,677	0,4371	1054,2	2,2826
4,2	145,76	147,114	460,104	43,739	0,4273	1076,8	2,3349
4,3	146,61	147,985	459,431	43,799	0,4179	1099,3	2,3871
4,4	147,46	148,857	458,759	43,859	0,4090	1121,7	2,4391
4,5	148,29	149,708	458,103	43,918	0,4004	1144,0	2,4911
4,6	149,10	150,539	457,462	43,975	0,3922	1166,3	2,5430
4,7	149,90	151,360	456,829	44,030	0,3844	1188,5	2,5949
4,8	150,69	152,171	456,204	44,085	0,3768	1210,6	2,6467
4,9	151,46	152,961	455,595	44,139	0,3696	1232,7	2,6984
5,0	152,22	153,741	454,994	44,192	0,3626	1254,7	2,7500
5,1	152,97	154,512	454,401	44,243	0,3559	1276,6	2,8016
5,2	153,70	155,262	453,823	44,293	0,3495	1298,5	2,8531
5,3	154,43	156,012	453,246	44,343	0,3433	1320,3	2,9046
5,4	155,14	156,741	452,684	44,392	0,3373	1342,1	2,9560
5,5	155,85	157,471	452,123	44,441	0,3315	1363,8	3,0073
5,6	156,54	158,181	451,577	44,487	0,3259	1385,4	3,0586
5,7	157,22	158,880	451,039	44,533	0,3205	1407,0	3,1098
5,8	157,90	159,579	450,501	44,579	0,3153	1428,5	3,1610
5,9	158,56	160,259	449,979	44,623	0,3103	1450,0	3,2122
6,0	159,22	160,938	449,457	44,667	0,3054	1471,5	3,2632
6,1	159,87	161,607	448,943	44,710	0,3007	1492,9	3,3142
6,2	160,50	162,255	448,444	44,753	0,2962	1514,2	3,3652
6,3	161,14	162,915	447,938	44,794	0,2917	1535,5	3,4161
6,4	161,76	163,553	447,448	44,836	0,2874	1556,7	3,4670
6,5	162,37	164,181	446,965	44,876	0,2833	1577,9	3,5178
6,6	162,98	164,810	446,483	44,916	0,2792	1599,0	3,5685
6,7	163,58	165,428	446,008	44,956	0,2753	1620,1	3,6192
6,8	164,18	166,047	445,534	44,994	0,2715	1641,2	3,6699
6,9	164,76	166,645	445,075	45,032	0,2678	1662,2	3,7206
7,00	165,34	167,243	444,616	45,070	0,2642	1683,0	3,7711
7,25	166,77	168,718	443,485	45,162	0,2556	1735,2	3,8974
7,50	168,15	170,142	442,393	45,250	0,2475	1787,1	4,0234
7,75	169,50	171,535	441,325	45,337	0,2400	1838,7	4,1490
8,00	170,81	172,888	440,289	45,420	0,2329	1890,1	4,2745
8,25	172,10	174,221	439,269	45,501	0,2263	1941,2	4,3997
8,50	173,35	175,514	438,280	45,578	0,2200	1992,1	4,5248
8,75	174,57	176,775	437,315	45,654	0,2141	2042,8	4,6495
9,00	175,77	178,017	436,366	45,727	0,2085	2093,3	4,7741
9,25	176,94	179,228	435,440	45,798	0,2031	2143,5	4,8985
9,50	178,08	180,408	434,539	45,868	0,1981	2193,5	5,0226
9,75	179,21	181,579	433,645	45,935	0,1933	2243,3	5,1466
10,00	180,31	182,719	432,775	46,001	0,1887	2293,0	5,2704
10,25	181,38	183,828	431,928	46,064	0,1844	2342,5	5,3941
10,50	182,44	184,927	431,090	46,127	0,1802	2391,7	5,5174
10,75	183,48	186,005	430,267	46,189	0,1763	2440,7	5,6405
11,00	184,50	187,065	429,460	46,247	0,1725	2489,5	5,7636
11,25	185,51	188,113	428,661	46,306	0,1689	2538,2	5,8864
11,50	186,49	189,131	427,886	46,362	0,1654	2586,8	6,0092
11,75	187,46	190,139	427,119	46,417	0,1621	2635,2	6,1318
12,00	188,41	191,126	426,368	46,471	0,1589	2683,4	6,2543
12,25	189,35	192,104	425,624	46,524	0,1558	2731,4	6,3765
12,50	190,27	193,060	424,896	46,576	0,1529	2779,3	6,4986
12,75	191,18	194,007	424,177	46,626	0,1500	2827,0	6,6206
13,00	192,08	194,944	423,465	46,676	0,1473	2874,5	6,7424
13,25	192,96	195,860	422,769	46,724	0,1447	2922,0	6,8642
13,50	193,83	196,766	422,080	46,772	0,1421	2969,3	6,9857
13,75	194,69	197,662	421,400	46,818	0,1397	3016,5	7,1072
14,00	195,53	198,537	420,736	46,864	0,1373	3063,4	7,2283

Aus der Tabelle lassen sich ferner entnehmen:
die Verdampfungswärme $r = \varrho + Apu$ Kalorien, die Dampfwärme . $J = q + \varrho$ Kalorien,
die Gesamtwärme . . $\lambda = q + \varrho + Apu$ Kal., das spez. Volumen $s = u + 0{,}001$ cbm.

Die Verdampfungswärme r besteht aus der inneren Verdampfungswärme ϱ, welche zur Vermehrung der Energie (s. d.) im verdampfenden Körper selbst dient, und aus der äusseren Verdampfungswärme $r-\varrho$ für die Arbeit zur Ueberwindung des äusseren Drucks beim Uebergange vom Flüssigkeitsvolumen ins Dampfvolumen. Letztere ergibt sich gleich Apu, wenn

$$u = s - \sigma \qquad 5.$$

die Differenz der Volumen von 1 kg reinen Dampfes und reiner Flüssigkeit beim Drucke p und $1/A = W = 424$ den Arbeitswert einer Wärmeeinheit in Meterkilogramm bedeuten (s. Mechanisches Wärmeäquivalent). Man hat also:

$$r = \varrho + Apu\,, \qquad 6.$$

während zwischen der äusseren Verdampfungswärme r und der ganzen und inneren Verdampfungswärme die Clapeyron'sche Gleichung (s. d.) besteht:

$$\frac{r}{Apu} = \frac{\varrho}{Apu} + 1 = \frac{T}{p}\frac{dp}{dt} \qquad 7.$$

Für Wasserdampf kann man nach Zeuner innerhalb der Grenzen der Regnault'schen Versuche bequemer setzen: $\varrho = 574{,}4 - 0{,}791\, t$ Kalorien, 8.

während nach 2., 6. mit 1., 8. für die äussere Verdampfungswärme folgt:

$$Apu = 31.1 + 1{,}096\, t - q \text{ Kalorien.} \qquad 9.$$

Die nach 8., 9. mit den q in Kolumne 3 der Tabelle II berechneten Werte sind in den Kolumnen 4 und 5 der letzteren eingetragen. Weiter enthält Tabelle II die durch Division von Apu mit Ap ermittelten Differenzen u, die Quotienten $\varrho : u$ und die Gewichte

$$\gamma = \frac{1}{s} = \frac{1}{u+\sigma} \qquad 10.$$

von 1 kg reinem Dampfe, wobei, wie bei technischen Berechnungen betreffend Dämpfe üblich, das Volumen von 1 kg Wasser konstant $\sigma = 0{,}001$ cbm gesetzt wurde. Für s, γ gelten auch die am Schlusse des Artikels „Dampf" erwähnten Näherungsformeln. Versteht man noch unter Dampfwärme (s. d.) $J = q + \varrho$ denjenigen Teil der Gesamtwärme, welcher nicht zur Ueberwindung des äusseren Druckes verausgabt wird, so lässt sich die Verteilung von λ aus folgendem Schema ersehen:

Gesamtwärme λ

Flüssigkeitswärme	Innere Verdampfungswärme	Aeussere Verdampfungswärme
q	ϱ	Apu

Dampfwärme J (= q + ϱ) — Verdampfungswärme r (= ϱ + Apu)

Bei Problemen, betr. gesättigten Dampf, hat man es im allgemeinen nicht mit Dampf allein, sondern mit Dampf- und Flüssigkeitsgemischen zu thun. In 1 kg Gemisch befinden sich dann x kg reiner Dampf (spezifische Dampfmenge, s. Dampf) und $1-x$ kg reine Flüssigkeit, so dass das Volumen von 1 kg, das spezifische Volumen, sich ausdrückt:

$$v = xs + (1-x)\sigma = vu + \sigma \qquad 11.$$

Für die gewöhnlich angenommenen, sogen. umkehrbaren Zustandsänderungen (s. d.) von Dampf- und Flüssigkeitsgemischen, bei welchen alle von aussen zugeführte oder nach aussen abgegebene Energie (s. d.) nur Wärme oder Arbeit ist, liefert die mechanische Wärmetheorie folgende auf 1 kg bezogenen Hauptgleichungen, in welchen dQ die Wärmezufuhr in Kalorien, dL die äussere Arbeit (s. d.) in mk und dU die Aenderung der Energie im Körper (Eigenenergie, innere Arbeit) in mk bedeuten:

$$dL = p\,dv\,, \qquad A\,dU = dq + d(\varrho x)\,, \qquad 12.$$

$$dQ = A(dU + p\,dv) = dq + d(\varrho x) + Ap\,dv\,, \qquad 13.$$

$$dQ = dq + d(rx) - \frac{rx}{T}dt = dq + Td\frac{rx}{T}\,, \qquad 14.$$

$$dQ = (1-x)c\,dt + r\,dx + hx\,dt \qquad 15.$$

In 14. ist $T = 273 + t$ die absolute Temperatur (s. d), in 15. h die Clausius'sche Temperaturfunktion (s. d.).

Mittelst dieser und der oben gegebenen Gleichungen können auch endliche Zustandsänderungen von einem Anfangszustand p_1, v_1 in einen Endzustand p, v untersucht werden, wobei zu beachten ist, dass $t, T, c, q, \varrho, r, \lambda, s, \gamma$ nur vom Drucke p abhängen. Man erhält z. B. bei konstantem Drucke p (also auch konstanter Temperatur t):

$$v - v_1 = u(x - x_1)\,, \qquad L = pu(x - x_1)\,,$$

$$U - U_1 = W\varrho(x - x_1)\,, \qquad Q = r(x - x_1)\,,$$

bei konstantem Volumen v: $\quad xu = x_1u_1\,, \qquad L = 0\,,$

$$Q = A(U - U_1) = q - q_1 + \varrho x - \varrho_1 x_1 = q - q_1 + x_1u_1\left(\frac{\varrho}{u} - \frac{\varrho_1}{n_1}\right),$$

und bei adiabatischen Zustandsänderungen (s. d.), d. h. Zustandsänderung ohne Wärmezufuhr:

$$\tau + \frac{r}{T}\, x = \tau_1 + \frac{r_1}{T_1}\, x_1\,, \qquad \text{mit } \tau = \int_0^t \frac{dq}{T}\,, \qquad L = U_1 - U = W(q_1 - q + \varrho_1 x_1 - \varrho\, x)\,.$$

Für adiabatische Zustandsänderungen gesättigten Wasserdampfes kann man übrigens nach Rankine und Zeuner genügend genau setzen:

$$p\, v^k = p_1\, v_1{}^k \text{ mit } k = 1{,}035 + 0{,}1\, x_1\,,$$

womit (vergl. Aeussere Arbeit):

$$L = U_1 - U = \frac{p_1 v_1 - p v}{k-1} = \frac{p_1 v_1}{k-1}\left[1 - \left(\frac{v_1}{v}\right)^{k-1}\right] = \frac{p_1 v_1}{k-1}\left[1 - \left(\frac{p}{p_1}\right)^{\frac{k-1}{k}}\right].$$

Selbstverständlich gelten alle diese Gleichungen nur von $x = 0$ bis $x = 1$ oder von $v = \sigma$ bis $v = s$, d. h. so lange der Zustandspunkt p, v zwischen den Kurven σ und s liegt (vergl. Dampf). Mit Rücksicht auf die darin vorkommenden Grössen $\frac{r}{T}$, τ, $\frac{dp}{dt}$, $h\,dt$ wird noch die Hilfstabelle III nach Grashof [3], S. 168, und Zeuner [2], S. 56, beigefügt.

Tabelle III. Gesättigte Wasserdämpfe.

p Atmosphären	t	Δt	$\frac{r}{T}$	Diff. für $\Delta t = 1$	τ	Diff. für $\Delta t = 1$	$\frac{dp}{dt}$ kg per qm	$-\int_0^t h\,dt$
0,1	46,21		1,79917		0,15660			
		14,24		0,00749		0,00308		
0,2	60,45		1,69245		0,20 47			
		9,04		0,00699		0,00298		
0,3	69,49		1,62927		0,22737			
		6,76		0,00668		0,00291		
0,4	76,25		1,58413		0,24707			
		5,46		0,00646		0,00287		
0,5	81,71		1,54888		0,26273		207,41	126,747
		4,61		0,00626		0,00283		
0,6	86,32		1,52000		0,27577			
		7,56		0,00607		0,00278		
0,8	93,88		1,47413		0,29681			
		6,12		0,00585		0,00274		
1,0	100,00		1,43834		0,31357		369,67	148,470
		5,17		0,00568		0,00270		
1,2	105,17		1,40899		0,32750			
		4,51		0,00554		0,00267		
1,4	109,68		1,38402		0,33954			
		4,01		0,00542		0,00264		
1,6	113,69		1,36230		0,35013			
		3,61		0,00531		0,00262		
1,8	117,30		1,34312		0,35959			
		3,30		0,00522		0,00260		
2	120,60		1,32588		0,36816		653,86	170,639
		7,20		0,00509		0,00257		
2,5	127,80		1,28924		0,38663			
		6,11		0,00493		0,00253		
3	133,91		1,25913		0,40207		909,22	183,778
		5,33		0,00479		0,00250		
3,5	139,24		1,23358		0,41537			
		4,76		0,00468		0,00247		
4	144,00		1,21129		0,42713		1146,57	193,163
		4,29		0,00458		0,00245		
4,5	148,29		1,19163		0,43763			
		3,93		0,00450		0,00242		
5	152,22		1,17395		0,44713		1371,00	200,457
		3,63		0,00442		0,00240		
5,5	155,85		1,15790		0,45586			
		3,37		0,00436		0,00239		
6	159,22		1,14322		0,46391		1585,43	206,394
		6,12		0,00426		0,00237		
7	165,34		1,11714		0,47841		1791,32	211,481
		5,47		0,00416		0,00234		
8	170,81		1,09441		0,49122		1990,00	215,862
		4,96		0,00406		0,00232		
9	175,77		1,07425		0,50272		2183,23	219,726
		4,54		0,00398		0,00230		
10	180,31		1,05618		0,51314		2370,92	223,178
		4,19		0,00391		0,00227		
11	184,50		1,03980		0,52267		2553,97	226,292
		3,91		0,00384		0,00226		
12	188,41		1,02477		0,53152		2732,60	229,134
		3,67		0,00378		0,00225		
13	192,08		1,01088		0,53976		2907,43	231,752
		3,45		0,00373		0,00223		
14	195,53		0,99802		0,54746		3078,75	234,165

Neuerdings haben Cailletet und Colardeau Versuche über den Druck gesättigter Wasserdämpfe bei Temperaturen über 230⁰ angestellt [4], deren Resultate sich denjenigen von Regnault bei Temperaturen unter 230⁰ sehr gut anschliessen. Die Resultate der drei Forscher liessen gut in Einklang bringen mit der empirischen Formel von Bertrand [5] S. 150, 157, [6] S. 141):

$$p = \frac{BT^m}{(T + C)^n} \qquad 16.$$

wenn $C = 127$, $m = 57{,}074$, $n = 59{,}572$ und für p in Atmosphären $\log B = 14{,}00527$ gesetzt wurde (während Bertrand zur Darstellung der Versuche von Regnault allein $C = 126{,}37$, $m = 79{,}623$, $n = 88{,}578$, $\log B = 34{,}21083$ gewählt hatte), wie folgende Zusammenstellung zeigt:

für	$t =$	100	125	150	175	200	225	250	275	300	325	350	365 Grad
beobachtet	$p =$	1,0	2,2	4,7	8,8	15,3	25,1	39,2	59,4	86,2	121,6	167,5	200,5 Atm.
nach 16.	$p =$	1,0	2,2	4,5	8,4	14,8	24,6	38,9	59,1	86,2	122,0	167,8	200,5 „

Noch etwas bessere Uebereinstimmung liess sich bei geeigneter Wahl der Konstanten mit der unter „Dampf, überhitzter" angeführten Clausius'schen Formel 16. erreichen. Die höchste der vorstehenden Temperaturen, 365⁰, soll nach den Versuchsergebnissen die kritische Temperatur t_c (s. d. und die Figur unter Dampf) des Wassers sein, was gut mit den Ermittelungen von Strauss (370⁰) und Dwelshausen-Dery (365—368⁰) stimmt. — Tabellen über Wasserdampf für Atmosphären zu 10000 kg per qm und Tabellen zu regelmässig wachsenden Temperaturen t für Wasser, Aether, Alkohol, Aceton, Chloroform, Chlorkohlenstoff, Schwefelkohlenstoff, Kohlensäure, Ammoniak, schweflige Säure s. am Schlusse von [2], weitere Tabellen betr. Dampfdrücke in [7], S. 53. Zur Verwendung bei Bestimmung des Luftdrucks aus den Siedetemperaturen des Wassers und der Siedepunkte von Thermometern aus Luftdruckbeobachtungen wurden im Auftrage der Physikalisch-technischen Reichsanstalt die Tafeln [8] hergestellt.

Litteratur: [1] Regnault, Relations des expériences etc., I. Paris 1847, II. Paris 1862 (Mémoires de l'Institut de France 1847 XXI und 1862 XXVI). — [2] Zeuner, Technische Thermodynamik, II Die Lehre von den Dämpfen, Leipzig 1890. — [3] Grashof, Theoretische Maschinenlehre, I Hydraulik nebst mechanischer Wärmetheorie etc., Leipzig 1875, S. 139. — [4] Cailletet et Colardeau, Recherches sur la tension de la vapeur saturée jusqu'au point critique, Journal de physique 1891, X, p. 333. — [5] Bertrand, Thermodynamique, Paris 1887, p. 154. — [6] Poincaré, Thermodynamik, Berlin 1893, S. 137. — [7] Landolt und Börnstein, Physikalisch-chemische Tabellen, Berlin 1894. — [8] Wiebe, Tafeln über die Spannkraft des Wasserdampfes zwischen 76 und 101,5⁰, Braunschweig 1894. — [9] Bernoullis Dampfmaschinenlehre, von Autenheimer, Stuttgart 1890, S. 38.

Weyrauch.

Dampf, überhitzter. Ueber den Begriff s. Dampf. Die Beziehung zwischen dem Drucke p, dem spezifischen Volumen v (Volumen der Gewichtseinheit, 1 kg) und der Temperatur t des überhitzten Dampfes ist nicht genau bekannt. Versuchte theoretische Ableitungen beruhen auf Anschauungen der kinetischen Gastheorie. Die betreffenden Gleichungen (s. Gasförmige Körper und unten Gleichung 16) sind jedoch im allgemeinen nicht geeignet für die Lösung der hier in Frage kommenden technischen Probleme. Für diese suchte man möglichst einfache Beziehungen mit besonderer Rücksicht auf den Wasserdampf zu gewinnen, wenn damit auch nur innerhalb beschränkter Gebiete Anschluss an die noch unzureichenden Versuchsresultate erreicht wurde. So lässt sich aus den von Hirn ([1], I, 2. édition, Paris 1865, S. 202) durch direkte Wägung des überhitzten Wasserdampfes bei verschiedenen p, t erhaltenen v entnehmen [2] S. 7:

$$p(v - s) = R\tau, \qquad 1.$$

worin s das dem Drucke p entsprechende spezifische Sättigungsvolumen (welches als $s = u + 0{,}001$ aus der Tabelle S. 126 entnommen werden kann),

$$\tau = t - t' = T - T' \qquad 2.$$

die Ueberhitzung oder Erhebung der augenblicklichen Temperatur t über die dem augenblicklichen Drucke entsprechende Sättigungstemperatur t' (welch letztere in der zweiten Kolumne der Tabelle S. 126 gegeben ist) und R eine Konstante, nämlich für p in Atmosphären $R = 0{,}004924$, für R in kg per qm $R = 50{,}880$. In 2. sind $T = 273 + t$, $T' = 273 + t'$ die den Celsius'schen Temperaturen t, t' entsprechenden absoluten Temperaturen (s. d.). Die genügende Uebereinstimmung mit Hirns Beobachtungen zeigt folgende Zusammenstellung.

Für	$p =$	1	1	2,25	3	3,5	3,5	4	4	4	5	5 At.
und	$t =$	118,5	141	200	200	196	246,5	165	200	246	162,5	205⁰
also	$\tau =$	18,5	41	75,64	66,09	56,76	107,26	21	56	102	10,28	52,78⁰
nach Hirn	$v =$	1,74	1,85	0,92	0,697	0,591	0,6574	0,4822	0,522	0,5758	0,3758	0,414 cbm
nach 1.	$v =$	1,7416	1,8524	0,9356	0,6960	0,5880	0,6591	0,4743	0,5173	0,5740	0,3737	0,4156 cbm

Mit Rücksicht auf 2. lässt sich die Beziehung 1. auch schreiben

$$p\,v = R\,(T - P), \qquad 3.$$

worin

$$P = T' - \frac{p\,s}{R}, \qquad 4.$$

und beispielsweise für

$p=$	0,1	0,5	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14 At.
$P=$	23,66	32,63	37,81	44,33	48,97	52,74	56,01	58,87	61,33	63,79	65,85	68,05	69,91	71,73	73,55	75,31°

während für vollkommene Gase dem Boyle-Gay-Lussac'schen Gesetze (s. d.) zufolge $P = 0$ wäre. Auf Gleichung 1. oder 3. mit 4. führen alle Zustandsgleichungen von der Form $pv = RT - F(p)$, da man nur deren Ausdruck für $T = T'$, $v = s$ zu subtrahiren braucht, um 1. zu erhalten. Es wurden verschiedene solcher Gleichungen aufgestellt und zwar mit anderem P als 4., so dass mit ihnen unter Umständen Widersprüche entstehen können. So wäre nach Dupré $P = \frac{c}{R}p$ und damit aus 3. $p(v + c) = RT$ mit konstantem c, [3]. Bertrand nahm $P = -C$ konstant an, so dass bei ihm, [4], S. 15: $pv = R(T + C)$, worin für Wasserdampf $C = 127$ und für p in Atmosphären $R = 0{,}003250$, für p in kg per qm $R = 33{,}582$. Am meisten verwendet für technische Zwecke wurde bis jetzt die Zeuner'sche Gleichung [5] S. 238:

$$p\,v = R\,T - S\,p^m \qquad 5.$$

mit konstanten R, S, m, nach welcher in 3.

$$P = \frac{S}{R}p^m. \qquad 6.$$

Man kann darin setzen für p in Atmosphären:

$$R = 0{,}004924\,, \qquad S = 0{,}18536\,, \qquad m = \frac{1}{4}\,, \qquad P = 37{,}644\,\sqrt[4]{p}\,,$$

für p in Kilogramm per Quadratmeter

$$R = 50{,}88\,, \qquad S = 189{,}970\,, \qquad m = \frac{1}{4}\,, \qquad P = 3{,}7337\,\sqrt[4]{p}\,,$$

oder auch die [5], S. 239, gegebenen Werte. Die Gleichung 5. lässt sich aus 1. ableiten, wenn man c_p konstant und eine gewisse Integrationskonstante gleich Null setzt. Werden diese Annahmen auch bei Anwendung der wärmetheoretischen Hauptgleichungen (s. Wärmetheorie, mechanische) auf überhitzte Dämpfe gemacht, wobei für 1 kg Dampf dQ die Wärmezufuhr in Kalorien, dL die äussere Arbeit (s. d.) in Meterkilogramm und dU die Aenderung der Energie im Körper (Eigenenergie, innere Arbeit) in Meterkilogramm bedeuten, so erhält man:

$$d\,U = \frac{d\,(p\,v)}{k-1}, \qquad d\,Q = \frac{A}{k-1}(v\,d\,p + k\,p\,d\,v), \qquad 7.$$

$$d\,Q = c_p\left(d\,T - \frac{k-1}{kp}\,T\,d\,p\right) = c_v\left(d\,T + \frac{k-1}{v}\,T\,d\,v\right), \qquad 8.$$

mit $\frac{k-1}{k} = \frac{AR}{c_p} = m$, $c_v = \frac{T-P}{kT-P}c_v$, welche Formeln also der Zeuner'schen Gleichung 5. entsprechen, während nach derselben, wie schon nach 1., ebenfalls gelten:

$$d\,L = p\,d\,v, \qquad d\,Q = c_p\,d\,T + A\,R\,T\frac{dp}{p}. \qquad 9.$$

Da Regnault für 1 Atm. Druck in vier Versuchsreihen fand [6]:

von $\tau =$	127,7 bis 131,1	137,7 bis 225,9	124,3 bis 210,9	122,7 bis 216,0°
$c_p =$	0,46881	0,48111	0,48080	0,47963,

den ersten Wert aber für weniger zuverlässig als die übrigen hielt, und weitere genügend genaue Versuche nicht vorliegen, so kann man einstweilen $c_p = 0{,}48$, $k = 4/3$ setzen, obschon sich beweisen lässt, dass c_p auch nach Gleichung 5. nicht konstant sein kann [2] S. 6, [5] S. 237, und auf Grund der auch nach 5. giltigen Gleichung 1. speziell für den Sättigungspunkt $\tau = 0$ Werte folgen, welche sehr genau durch

$$c'_p = 0{,}4304 + 0{,}0003779\,t', \qquad c'_v = 0{,}3045 + 0{,}0003308\,t' \qquad 10.$$

dargestellt werden können [2] S. 77. Nach Versuchen und Schlüssen von Mallard und Le Chatelier über die Verbrennung explosibler Gasgemenge wäre ohne Beschränkung auf den Sättigungspunkt bis über $t = 3000^0$ anzunehmen [7] S. 511, 528, [5] I., S. 140: $c_p = 0{,}4206 + 0{,}000365\,t$, doch kann es sich hierbei mit Rücksicht auf die gemachten Annahmen ebenfalls nur um eine Schätzungsformel handeln.

Mittelst der nun gegebenen Gleichungen können, ähnlich wie bei gesättigten Dämpfen (s. Dampf, gesättigter), auch endliche Uebergänge aus einem Anfangszustand p_1, v_1 in einen Endzustand p, v untersucht werden, wobei zu beachten ist, dass t', T', P, s nur vom Drucke p abhängen. Man erhält z. B. bei konstantem Drucke p:

$$\frac{v-s}{v_1-s} = \frac{\tau}{\tau_1}\,, \qquad \frac{v}{v_1} = \frac{T-P}{T_1-P}\,,$$

$$L = p\,(v - v_1) = R\,(t - t_1), \qquad U - U_1 = p\,\frac{v - v_1}{k-1} = R\,\frac{t - t_1}{k-1},$$

$$Q = c_p\,(t - t_1) = c_p\,p\,\frac{v - v_1}{R},$$

bei konstantem Volumen: $\frac{p}{p_1} = \frac{T - P}{T_1 - P_1}$, $\quad L = 0$, $\quad Q = A\,(U - U_1) = A\,v\,\frac{p - p_1}{k-1}$

bei konstanter Temperatur: $p\,v = p_1\,v_1 + R\,(P_1 - P)$, $\quad Q = A\,R\,T \operatorname{logn} \frac{p_1}{p}$,

$$U - U_1 = \frac{p\,v - p_1\,v_1}{k-1} = R\,\frac{P_1 - P}{k-1}, \qquad L = \frac{Q}{A} - (U - U_1),$$

und bei adiabatischer Zustandsänderung (s. d.), d. h. wenn weder Wärme zugeführt noch entzogen wird, neben $Q = 0$:

$$p\,v^k = p_1\,{v_1}^k, \qquad \frac{T}{T_1} = \left(\frac{v_1}{v}\right)^{k-1} = \left(\frac{p}{p_1}\right)^m,$$

$$L = U_1 - U = \frac{p_1\,v_1 - p\,v}{k-1} = R\,\frac{t_1 - t + P - P_1}{k-1} = \frac{p_1\,v_1}{k-1}\left(1 - \frac{T}{T_1}\right),$$

worin für $T:T_1$ die darüber stehenden Ausdrücke verwendet werden können. Der zweite derselben hat sich bei Versuchen von Hirn und Cazin als annähernd zutreffend erwiesen [8], [2] S. 84. Bei genügend fortgesetzter adiabatischer Expansion tritt Sättigung und Kondensation ein. Für Volumen v_0 und Druck p_0 beim Beginn der Sättigung (Durchschneidungsstelle der Grenzkurve, s. Dampf) hat man:

$$a\,v^{k-n} = p_1\,{v_1}^k, \qquad p_0\,{v_0}^n = a,$$

worin für p in Atmosphären $a = 1{,}7049$, $n = 1{,}0646$, $k - n = 0{,}2687$. Von diesem Punkte an gelten die Gleichungen für gesättigte Dämpfe (s. Dampf, gesättigter).

Unter den oben erwähnten Voraussetzungen von 7.–8. lassen sich auch die nötigen Wärmemengen zur Bildung überhitzten Wasserdampfes näherungsweise angeben. Zur Erzeugung von 1 kg Dampf aus 1 kg Wasser von 0° dient die Gesamtwärme:

$$K = \lambda + c_p\,\tau = \lambda + 0{,}48\,\tau, \qquad 11.$$

worin λ die Gesamtwärme des gesättigten Dampfes, oder auch:

$$K = 476{,}18 + 4\,A\,p\,v = 476{,}18 + 0{,}48\,(T - P). \qquad 12.$$

Von dieser Gesamtwärme wird verwendet

$$A\,L = A\,p\,u + A\,R\,\tau = A\,p\,u + 0{,}12\,\tau \qquad 13.$$

zur äusseren Arbeit (s. d.), wobei $A\,p\,u$ dem gesättigten Dampfe entspricht, der Rest

$$J = q + \varrho + (c_p - A\,R)\,\tau = q + \varrho + 0{,}36\,\tau \qquad 14.$$

oder auch $\quad J = 476{,}18 + 3\,A\,p\,v = 476{,}18 + 0{,}36\,(T - P) \qquad 15.$

erhöht die Energie des in Dampf verwandelten Körpers und heisst daher die Dampfwärme. Alle diese Wärmemengen sind in Kalorien ausgedrückt, q, ϱ, $A\,p\,u$, λ lassen sich aus der Tabelle S. 126 oder zuvor gegebenen empirischen Formeln entnehmen. — Clausius kam auf Grund der Regnault'schen Versuche mit gesättigtem Dampfe dazu, in seiner Zustandsgleichung

$$\frac{p}{R\,T} = \frac{1}{v - \alpha} - \frac{a\,T^n - b}{(v + \beta)^2} \qquad 16.$$

für überhitzten Wasserdampf (und gesättigten Wasserdampf ohne Flüssigkeitsbeimischung) folgende Konstanten anzunehmen [9], S. 239:

$$R = 47{,}05, \qquad a = 45{,}17, \qquad b = 0{,}00737,$$
$$n = 1{,}24, \qquad \alpha = 0{,}000754 \qquad \beta = 0{,}001815,$$

wobei p in kg per qm, v in cbm auszudrücken sind.

Die Frage, ob vom theoretischen Standpunkte aus ein Vorteil mit der Anwendung überhitzten Dampfes in Dampfmaschinen verbunden ist, hat verschiedene Beantwortungen erfahren. Für sogen. vollkommene Maschinen, bei welchen die Arbeitsflüssigkeit Carnot'sche Kreisprozesse zu durchlaufen hätte (s. Kreisprozess), ist der vielfach angenommene Zweck der Ueberhitzung, Erzielung von Mehrarbeit durch Erhöhung der oberen Grenztemperatur ohne gleichzeitige Erhöhung des Kesseldrucks, nicht erreichbar, da auch die Dampfbildung schon bei der betreffenden Grenztemperatur und dem dieser entsprechenden Drucke zu erfolgen hätte. In Wirklichkeit liegt jedoch die Frage so, ob aus einer gegebenen Wärmezufuhr Q bei Maschinen von bestimmtem Kesseldrucke p_1 eine grössere Arbeit zu gewinnen ist, wenn der Dampf von der p_1 entsprechenden Sättigungstemperatur T_1 aus bei konstantem Drucke p_1 noch um τ^0 überhitzt wird, als in dem Falle, dass eine solche Ueberhitzung nicht stattfindet oder gar der Dampf noch Wasser beigemengt enthält, mit anderen Worten, ob die Ueberhitzung bei konstantem Drucke einen Vorteil gegenüber der Anwendung gesättigten oder nassen Dampfes zwischen den gleichen Grenzdrücken gewährt. Diese Frage ist vom theoretischen Standpunkte aus zu bejahen. Einen erheblichen Wert kann die Mehrarbeit am ehesten dann erlangen, wenn

es sich um Maschinen ohne Kondensation handelt und die zur Trocknung und Ueberhitzung dienende Wärme ohne dieselbe verloren ginge.

Litteratur: [1] Hirn, Théorie mécanique de la chaleur, I, Paris 1875, S. 384; II, Paris 1876, S. 223. — [2] Weyrauch, Von den überhitzten Dämpfen, Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure 1876, S. 1, 71, 193; vergl. 1877, S. 1, 241. — [3] Dupré, Sur la compressibilité des gaz etc., Annales de chimie et de physique 1864, I, S. 168. — [4] Bertrand, Thermodynamique, Paris 1887, S. 154. — [5] Zeuner, Technische Thermodynamik, Bd. 2, Leipzig 1890, S. 186 (s. auch Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure 1867, S. 41, 343). — [6] Regnault, Relations des expériences etc. (Mémoires de l'Academie des sciences XXVI), Paris 1862, S. 167. — [7] Mallard et Le Chatelier, Sur les températures des combustions et les chaleurs spécifiques des gaz aux températures élevées, Annales des mines 1883, IV, S. 379. — [8] Hirn et Cazin, Mémoire sur la détente de la vapeur d'eau surchauffée, Annales de chimie et de physique 1867, X, S. 349. — [9] Clausius, Die mechanische Wärmetheorie, Bd. 3, Braunschweig 1889—91, S. 215.
Weyrauch.

Dampfaufzüge. Die Dampfaufzüge werden als Lastaufzüge in Werkstätten, Stahl- und Eisenhüttenwerken verwendet, zur Personenbeförderung nur bei geringem Verkehr, in allen Fällen aber nur dann, wenn der Wasserbetrieb mittelst besonderer Dampfpumpen, Wasserbehälter und Dampfkesselanlage zu umständlich oder bei unmittelbarer Benützung von Leitungswasser mit niederem Druck wegen zu grossen Wasserverbrauches zu teuer wird. Fig. 1 zeigt die Konstruktion einer Dampfaufzugwinde der Crane Elevator Co. in Chicago, Fig. 2 der Firma Otis Bros. in New-York. Als Antriebsmotor dienen Zwillingsmaschinen, die vermittelst Stirnräder oder Riementriebes eine Seiltrommel oder Seil-

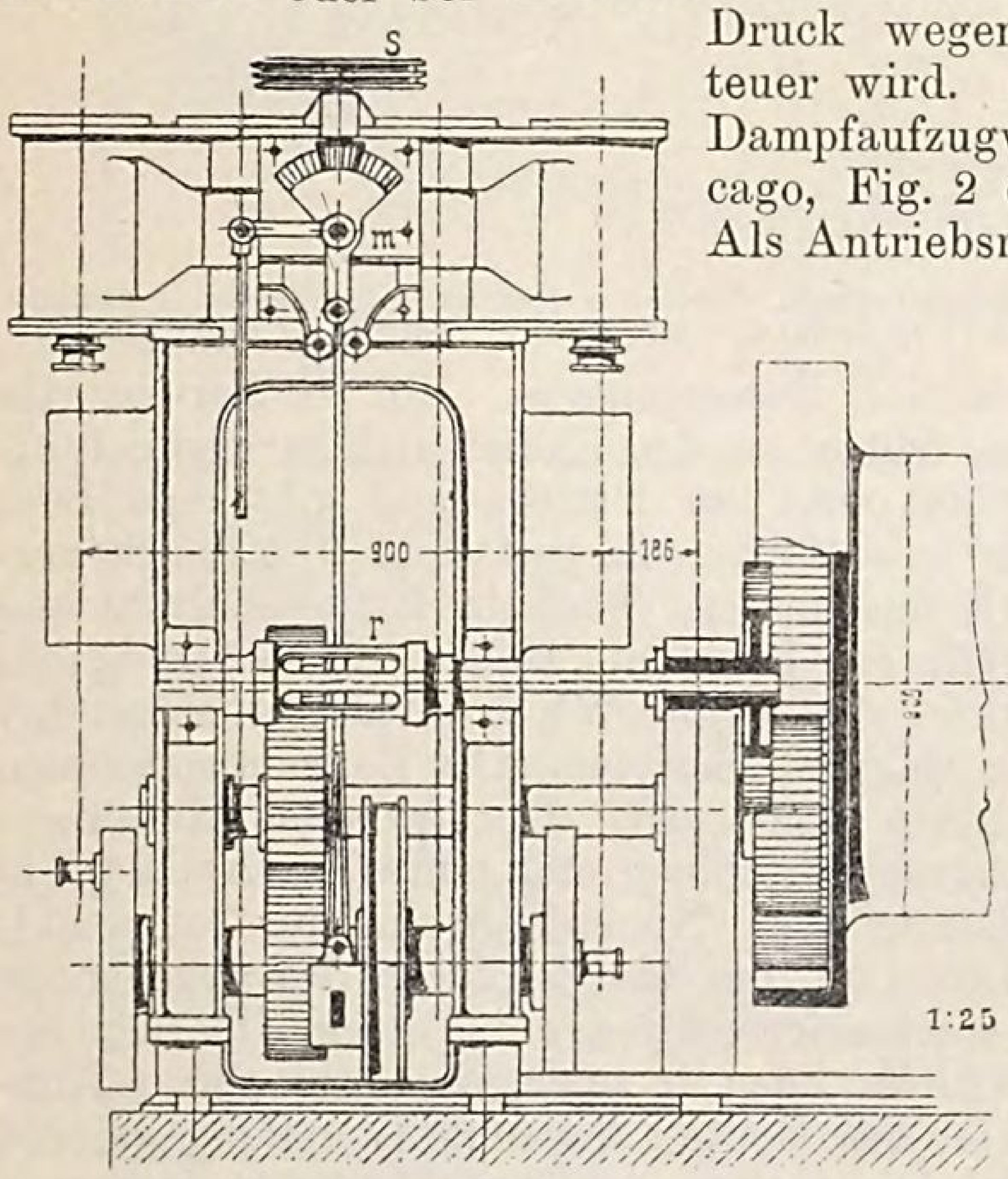


Fig. 2.

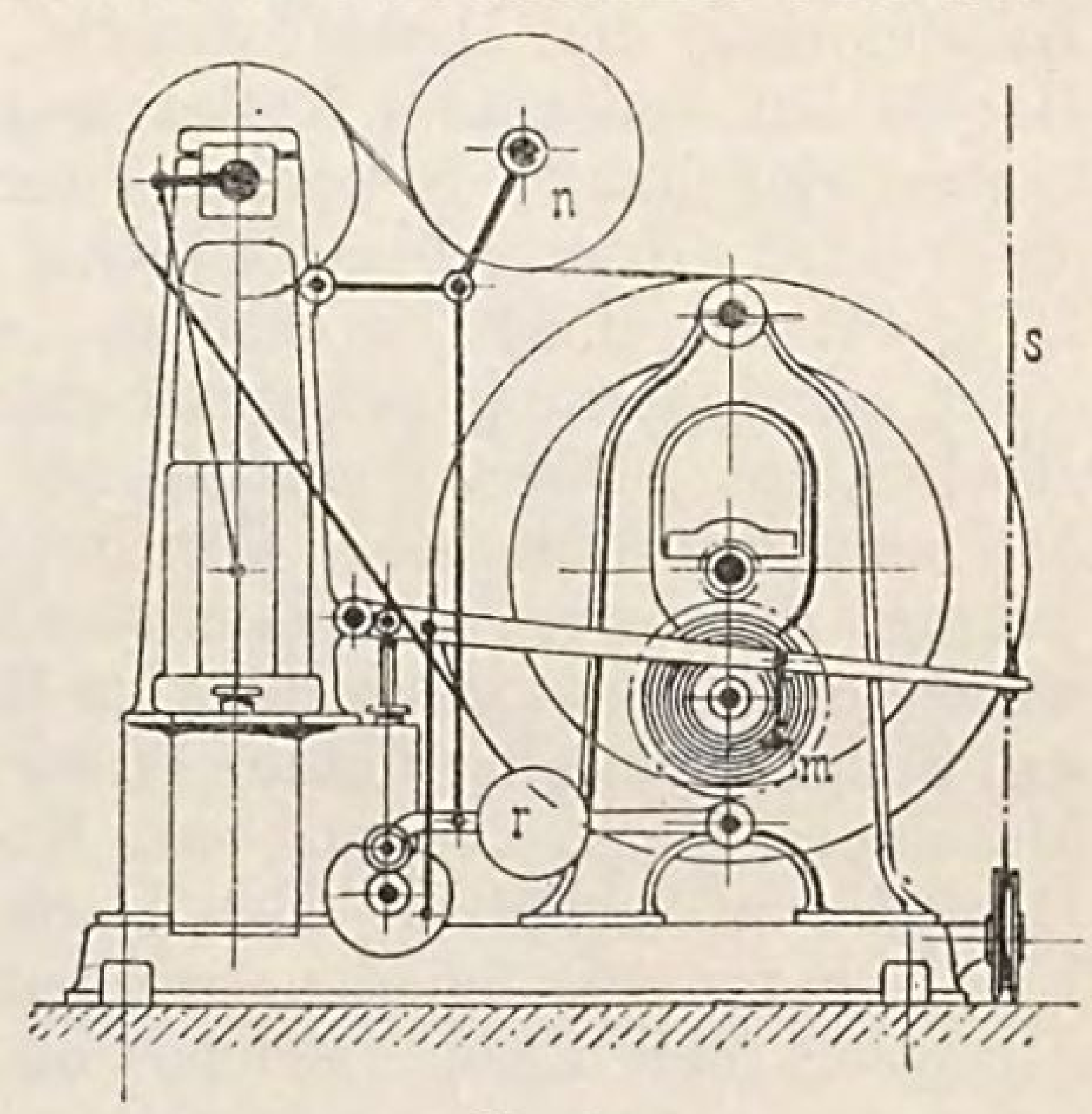


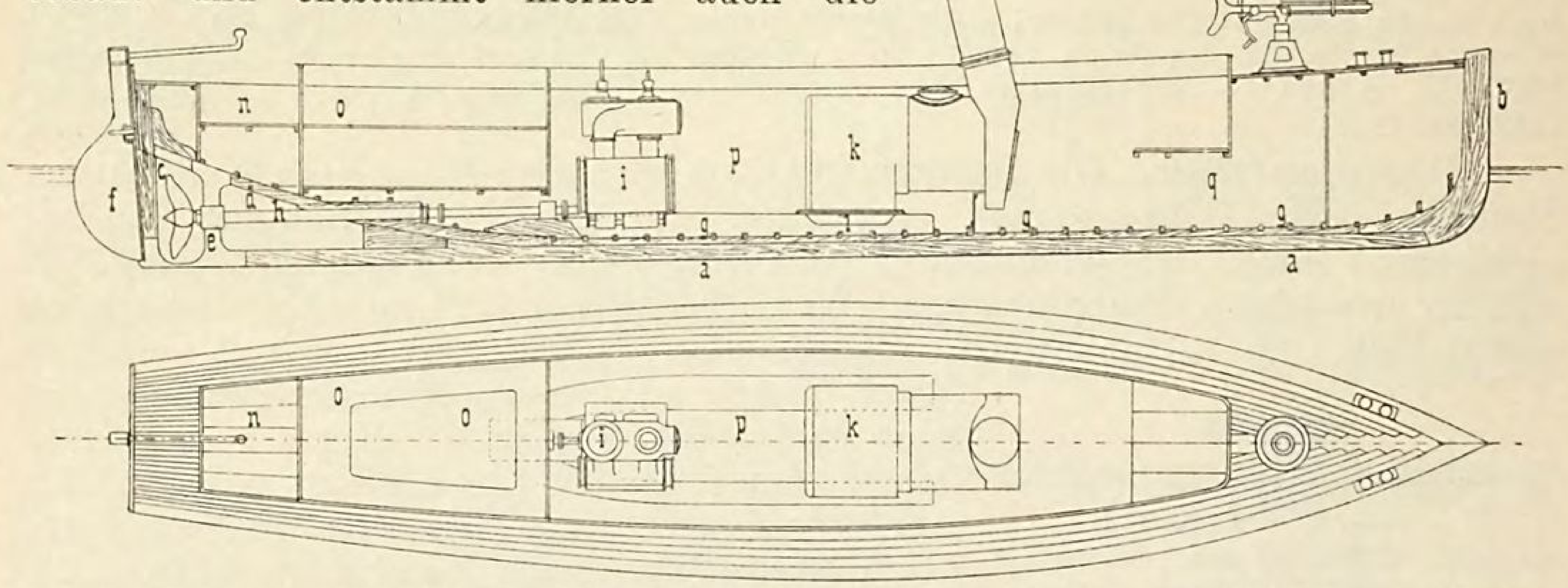
Fig. 1.

rollen bewegen, auf welchen die Tragseile des Fahrstuhles sich auf- und abwickeln. Die Dampfcylinder werden durch je einen einfachen Muschelschieber und einen gemeinschaftlichen Umsteuerschieber gesteuert, welch letzterer durch das Handsteuerseil *s* des Fahrstuhles bethätigt wird. Behufs selbstthätiger Steuerung der Antriebsmaschine wird bei Otis von der Maschinenaxe aus mittelst Räderübersetzung eine Schraube *r* angetrieben und durch diese eine als Mutter ausgeführte Knacke verschoben. Am Hubende kommt diese Knacke in Eingriff mit dem Steuerungsgestänge und schiebt den Dampfschieber auf Mittelstellung, so dass der Dampfzutritt abgesperrt und die Aufzugmaschine still gesetzt wird. Bei Crane wird zu gleichem Zweck eine Scheibe mit Spiralnuten angetrieben, in denen ein Gleitstück *m* sich verschiebt, das am Hubende des Fahrstuhles gehoben oder gesenkt wird und mittelst eines Hebels den Umsteuerschieber in seine Mittelstellung rückt, die Bremse einrückt und die Spannrolle von dem Treibriemen des Windenvorgeleges abhebt.

Litteratur: Riedler, Die Personen- und Lastenaufzüge in Nordamerika, Bericht über die Ausstellung in Philadelphia 1876. — Gutermuth, Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure 1888, S. 774—793, und 1893, S. 1573.
Gutermuth.

Dampfbarkasse, s. Dampfbeiboote.

Dampfbeiboote nennt man kleinere Dampfer, welche an Bord grösserer Schiffe mitgeführt werden und für den Schiffsdienst Verwendung finden. Sie sind hauptsächlich bei Kriegsschiffen und Dampfyachten in Gebrauch. — Das erste derartige Dampfbeiboot wurde 1857 von Mazeline in Frankreich gebaut für die Dampfyacht Jérôme Napoléon. Später (1866) wurden ähnliche Boote in England gebaut und sind dieselben zurzeit in allen Kriegsmarinen eingeführt. Sie werden fast durchweg wie die Barkassen und Pinassen aus Holz nach dem Diagonalsysetm erbaut und entstammt hierher auch die



a Kiel. *b* Vorsteven. *c* Hintersteven. *d* Gillung. *e* Schraubenbock. *f* Ruder. *g* Spanten. *h* Stevenrohr. *i* Maschine. *k* Lokomotivkessel. *l* Aschfall. *m* Revolverkanone. *n* Steuerluke. *o* Sitzraum. *p* Heizraum. *q* Munitionsraum.

Bezeichnung der Dampfbarkasse und der Dampfpinasse. Zur Sicherheit des Bootes bei schlechtem Wetter wurden früher an den Enden und zur Seite Luftkasten eingebaut. Neuerdings verzichtet man auf letztere und gibt dem Boot dafür eine grössere Freibordhöhe, um es seefähiger zu gestalten. Um die Steuerfähigkeit der Boote zu erhöhen, wird das achtern Todholz fortgeschnitten und dient zur Lagerung der Schraubenwelle ein Bock mit Hacke zur Stützung des Heckruders. Diese Konstruktion wurde zuerst von White in Cowes eingeführt und sind die Whiteboote fast in allen Marinen vertreten. Die Beibootsmaschinen werden durchweg als Hammermaschinen konstruirt. Die früheren Maschinen waren ein- oder zweicylinderige Hochdruckmaschinen und puffte der Abdampf in den Schornstein oder in eine Wasserzisterne aus. Neuerdings sind nur Compound-Maschinen in Anwendung mit Kondensation, um das Geräusch des abgehenden Dampfes zu verhüten. Der Dampf kondensirt entweder in einem Oberflächen-Kondensator wie bei den Schiffsmaschinen oder er schlägt sich in einem Kondensationsrohr nieder, welches am Kiel des Bootes aussenbords entlang geführt ist und vom Seewasser gekühlt wird. Die Grösse der Dampfbeiboote schwankt von 7 m bis 16 m Länge, bei einem Gesamtgewicht von 1500 kg bis 16000 kg und einer Geschwindigkeit von 6—14 Knoten pro Stunde. Die grösseren Boote finden auf Kriegsschiffen als Wacht- oder Depeschenboote Verwendung und werden zu diesem Zweck mit einem Schnellfeuergeschütz bezw. einem Torpedorohr zum Lanciren von Whitehead-Torpedos ausgerüstet. Grössere Beiboote zeigen schon den Typ der Torpedoboote. Dieselben werden auch an Bord der Kriegsschiffe geführt, dann aber aus Stahlblech gefertigt und sind dieselben unter dem Namen Torpedoboote 2. Klasse eingeführt.

Litteratur: Brix, Bootsbau, Berlin 1892. — Hauser, Cours de construction navale, Paris 1886. — Dick u. Kretschmer, Handbuch der Seemannschaft, Berlin 1893; Mitteilungen aus dem Gebiet des Seewesens, 1887, S. 502. *Tj. Schwarz.*

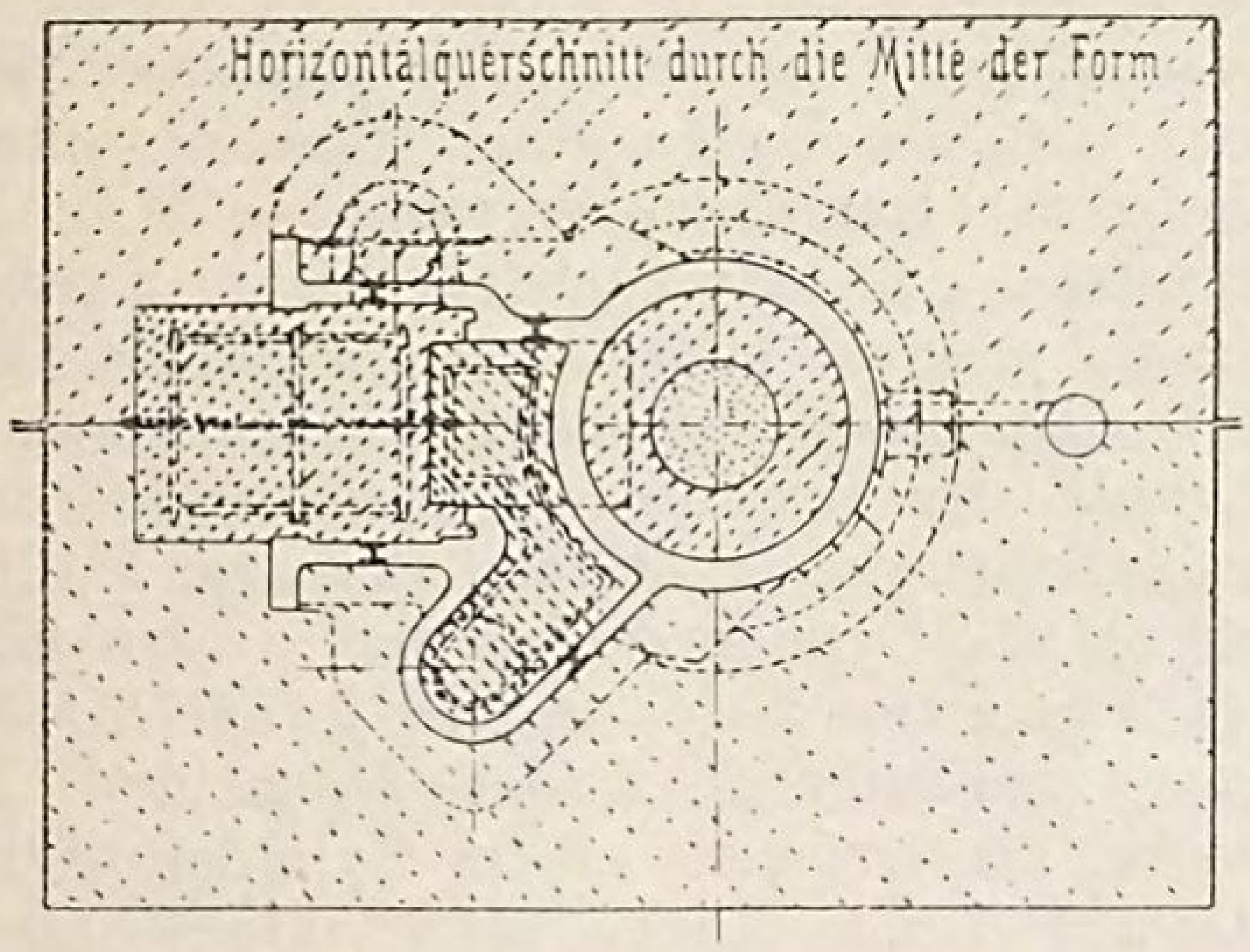
Dampfbremse, s. Bremsen (für Eisenbahnfahrzeuge), Bd. 2, S. 652.

Dampfchloren, eine Operation der Zeugdruckerei, der die bedruckten Stückwaren unterworfen werden, um das Weiss der Stoffe zu regeneriren. Durch das Seifen (bezw. andere Passagen) der bedruckten und gedämpften Waren wird selbst bei den echtesten Farben und bei vorsichtigem Arbeiten das Weiss beeinflusst. — Man unterscheidet Dampfchloren und Trockenchloren. Beim Dampfchloren werden die Stücke auf der Klotzmaschine mit einer schwachen Chlorkalklösung, welcher man etwas in Wasser suspendirtes Ultramarinblau

zusetzt, imprägnirt, worauf die Stücke durch einen mit Wasserdampf gefüllten Kasten gehen. Die nicht bedruckten Stellen benetzen sich mehr als die bedruckten; hieraus folgt, dass das Chlor auf die unbedruckt gebliebenen Stellen mit grösserer Intensität einwirkt. Die Stärke der Chlorkalklösung richtet sich nach der Chlorechtheit der beim Druck angewendeten Farben. Anilinfarben werden in der Regel dem Dampfchlor nicht ausgesetzt. Das Dampfchloren findet beim Druck von Alizarinrosa und Türkischrot viel Anwendung [1].

Litteratur: [1] Lauber, Handb. d. Zeugdrucks, 3. Aufl., Pabianice 1886. *J. B. Weckerlin.*

Dampfcylinderausbildung. Die Gusseisenmischung ist unter Zugabe von etwas Schmiedeeisen so zu treffen, dass blasenfreies, feinkörniges Eisen von einiger Härte fällt. Die Cylinder werden in der Regel mit verlorenem Kopf, in der Dammgrube stehend, gegossen (Fig. 1). Die Teilfuge des Modells geht durch die Längsaxe und den Schieberkasten oder, bei Vereinigung zweier Cylinder in einem Gussstück, senkrecht zu den Axen in der Mitte, sowie auch an den Flantschen; grosse Cylinder werden in Lehm mit Schablone und besonderem Holzmodell für den Schieberspiegelansatz geformt. Soll der eigentliche Cylinder in ein besonderes Mantelgehäuse eingesetzt werden, so wird er mit fast cylindrisch



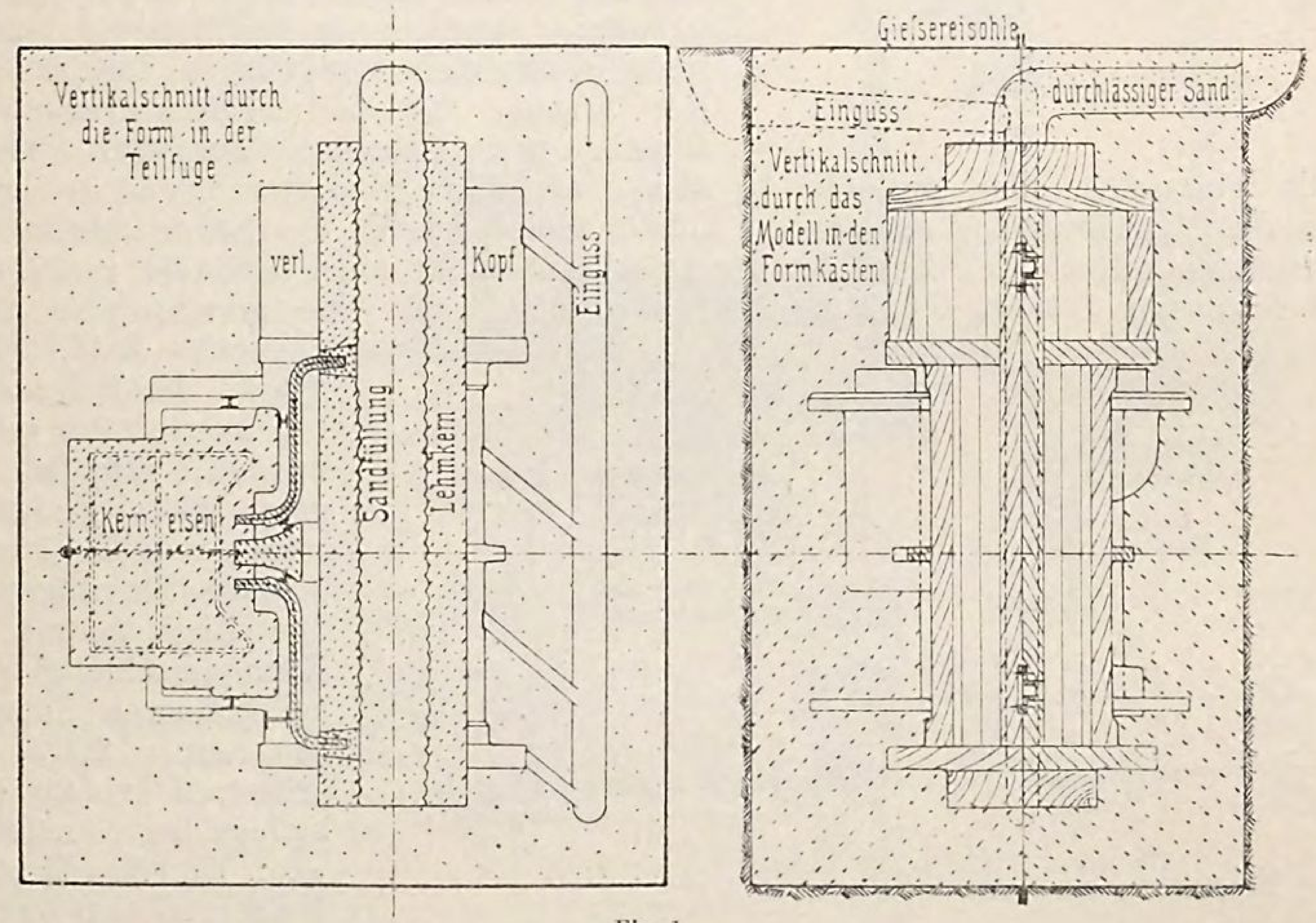


Fig. 1.

abgedrehten Enden in das erwärmte Gehäuse eingeschoben und die Fugen von aussen durch einen oder zwei eingestemmte Kupferringe gedichtet, während sich auch ein nach innen gerichteter Flantsch des Cylinders dichtend auf den Boden des Gehäuses aufsetzen kann [1]. Wird aber der Cylinder mit dem Mantel zusammengegossen, so sind die Kernlöcher durch die Flantschen der Cylinderdeckel dicht abzudecken. Bei grossen Cylindern kann die Anordnung eines elastischen Gürtels von Stahlblech für die Entlüftung des Mantelkerns und später für ungleiche Dehnungen günstig sein (Fig. 2) [2]. — Beim Ausbohren soll der Cylinder womöglich in gleicher Lage und Art befestigt sein wie später

an der Maschine, damit er die cylindrische Form fehlerlos beibehält. Das Ausdrehen, Schlichten und Schmirgeln muss, zur Vermeidung kleiner Absätze, je ohne Unterbrechung durchgeführt werden, wovon nur die allergrössten Cylinder eine Ausnahme machen dürfen. Nimmt man für die Wandstärke $0{,}02\,D + 15$ mm (in Uebereinstimmung mit einigen Tabellen), so wird sie nach mehrmaligem Nachbohren des Cylinders der normalen Wandstärke gusseiserner Rohre sich nähern. — Die Lauflänge wird so bemessen, dass die Kolbenringe an jedem Ende ganz auslaufen, bezw. überlaufen, damit sich kein Ansatz von Schmutz bilden kann, aber doch die Ringe nicht durch den Dampfdruck von aussen zusammengedrückt werden. Die Enden des Cylinders vor und hinter der Lauffläche werden 5—10 mm im Durchmesser weiter ausgedreht, so dass der Deckel passend bleibt, wenn auch die Lauffläche einmal nachgebohrt werden muss. — Obwohl der schädliche Raum möglichst zu beschränken ist, lässt man zwischen Kolbenkörper und Cylinderdeckel und -boden einen Spielraum von 2—4—8 mm, je nach Grösse und Geschwindigkeit der Maschine. Der Deckel zentrirt sich in der Cylinderausdrehung auf 10 mm Länge am Flantsch und ist weiterhin, soweit er in den Cylinder hineinragt, $^1/_2$ mm kleiner gedreht, so dass er nicht fest brennt, der Zwischenraum aber mit Wasser und Schmiere ausgefüllt bleibt.

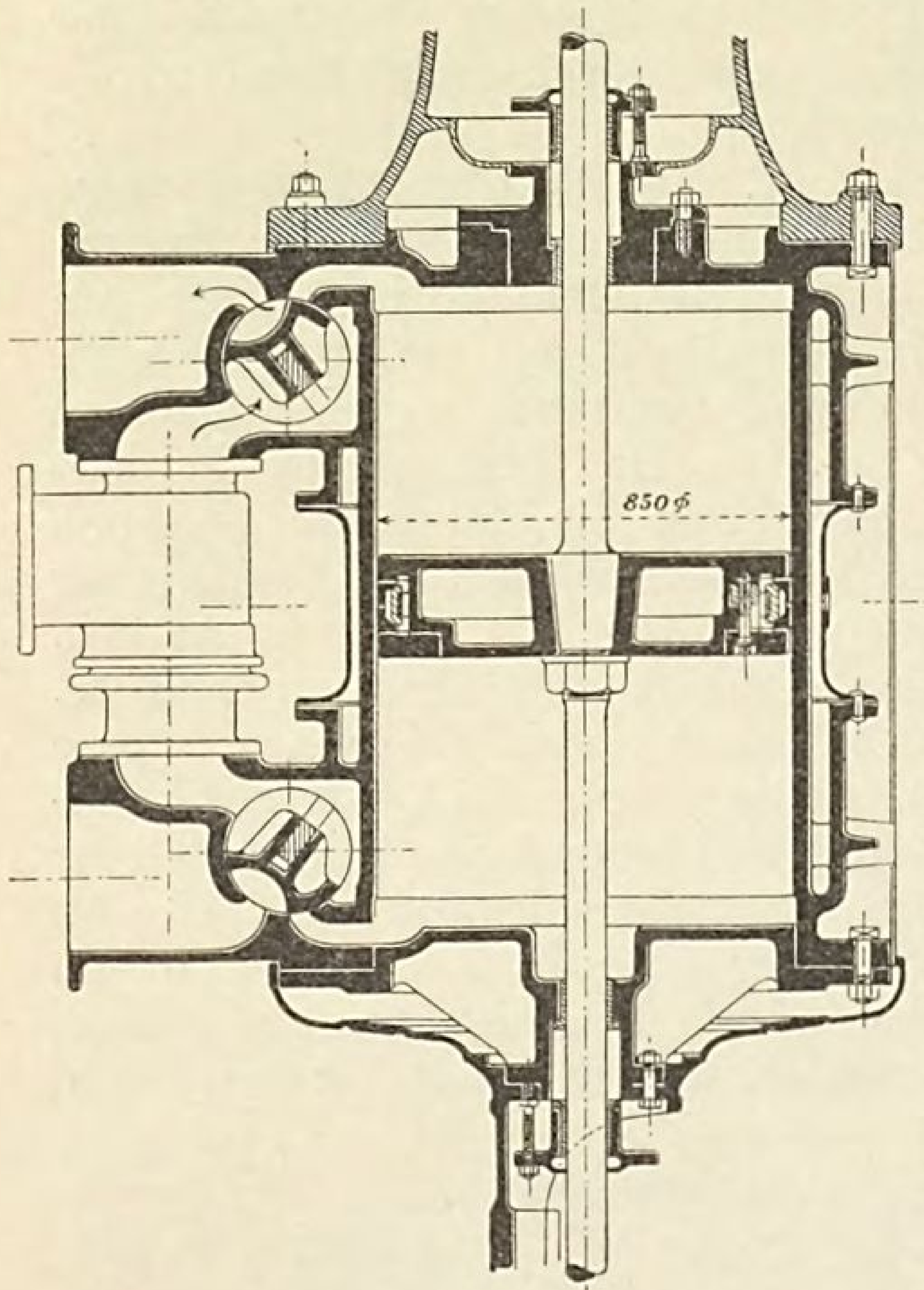
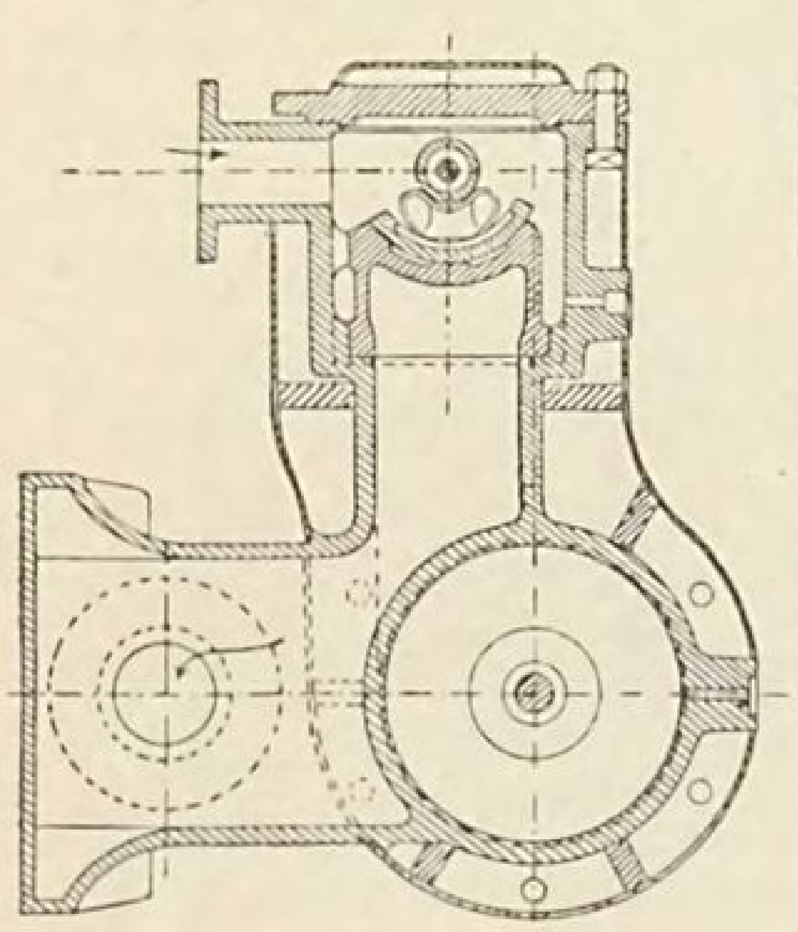


Fig. 2.

Die Flantschen sind um etwa $^1/_4$ dicker als die Cylinderwand und so breit, als die Verschraubung erfordert. Anhalt bietet hierfür die Normaltabelle der Flantschenrohre. Die Zahl der Deckelschrauben für einen Cylinder von D mm Durchmesser beträgt $0{,}022\ D + 2$, abgerundet auf eine gerade oder auch ungerade Zahl. Die Stärke der Schrauben sei, da sie öfter gelöst werden, reichlich so gross als bei Flantschrohren, zwischen 15 und 30 mm Durchmesser. Die Zugspannung im Kernquerschnitt wird bei kleineren Schrauben unter 200, bei grösseren unter 400 kg/qcm bleiben müssen, wenn man den Dampfdruck auf dem Deckel allein in Rechnung zieht.



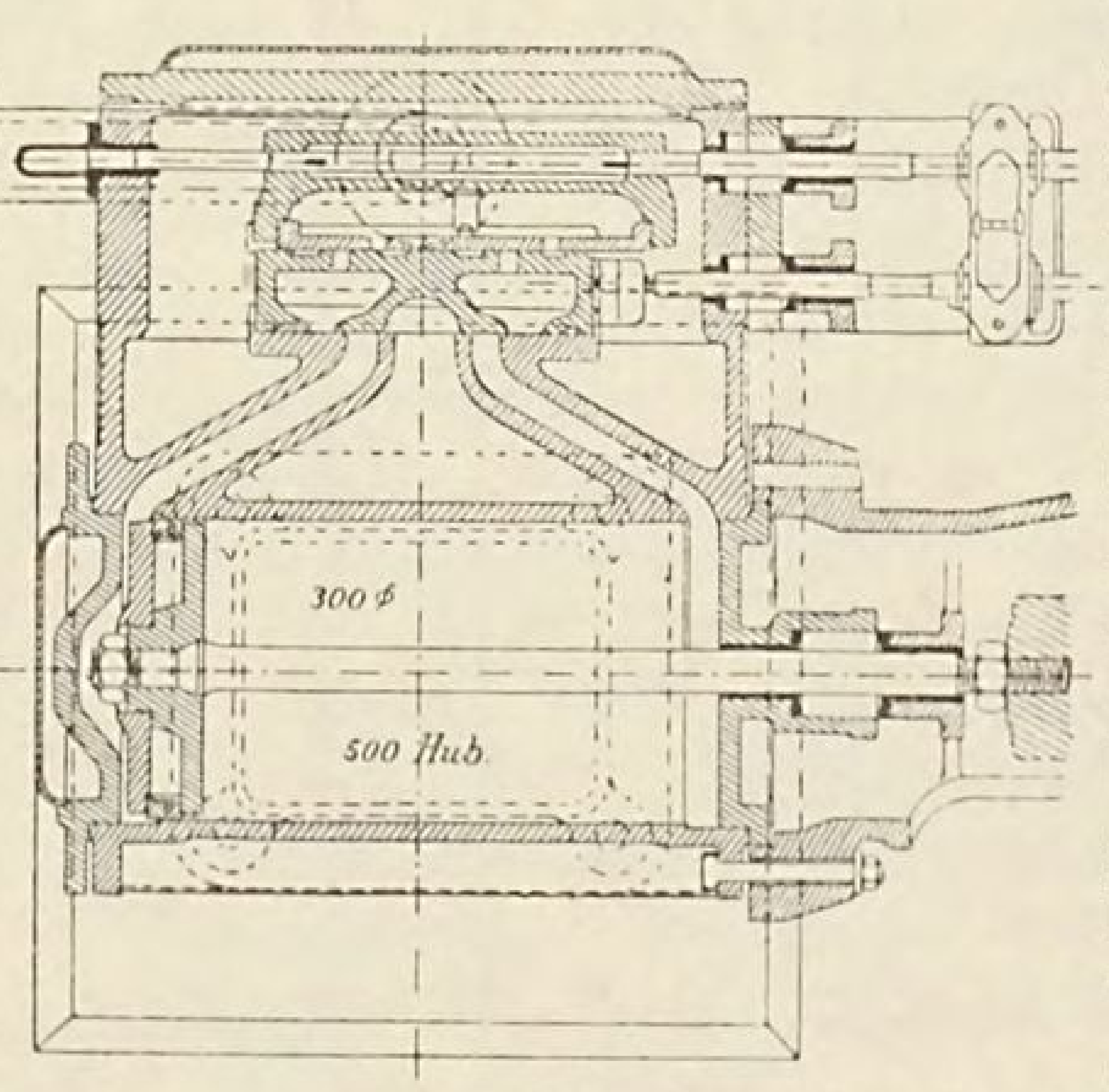


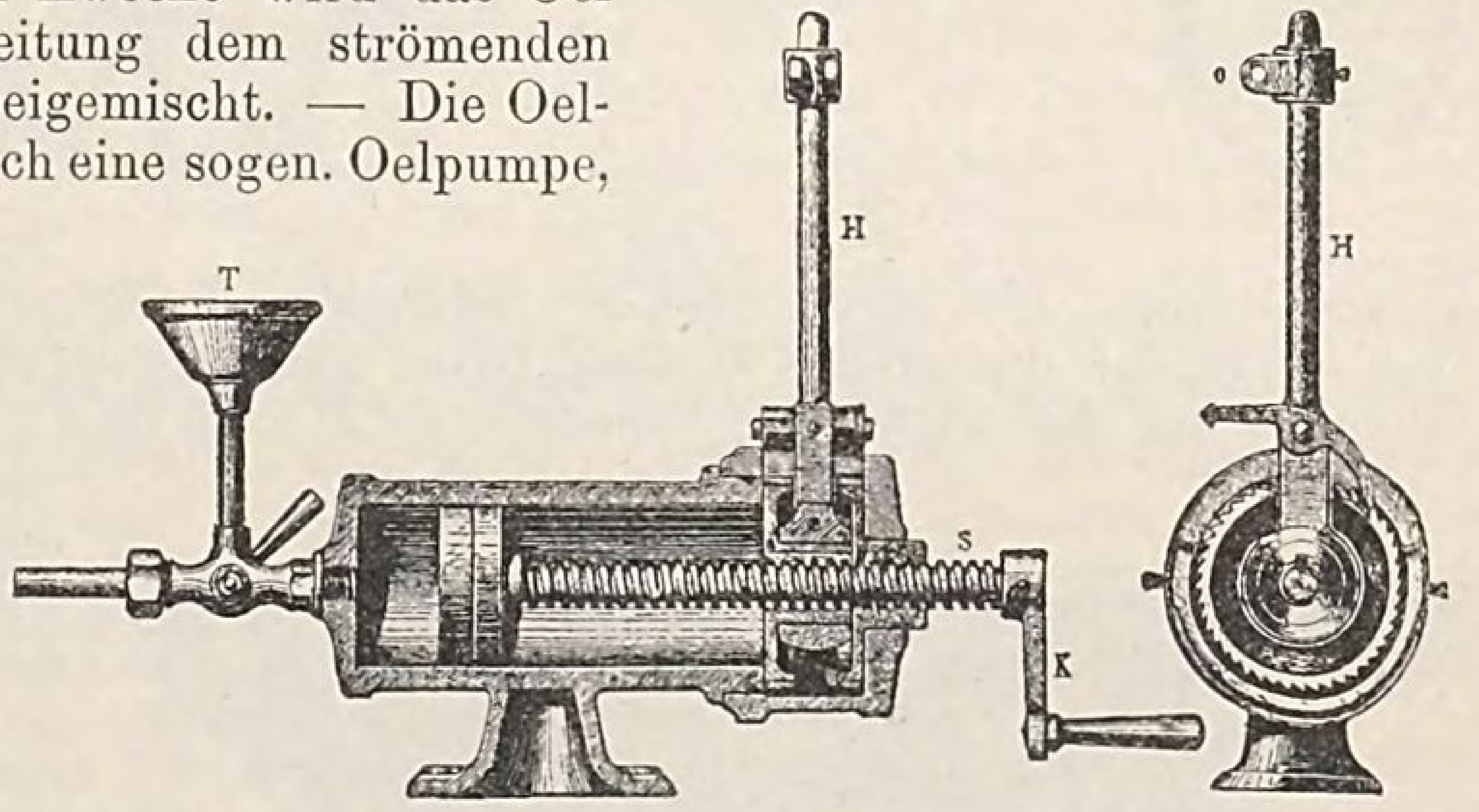
Fig. 3.
Dampfcylinder von Hoppe.

Ausserdem wirkt der dichthaltende Anpressungsdruck, der höchstens wieder so gross sein mag wie der Dampfdruck, und je nach der Lage des Dichtungsringes zu den Schrauben ein Biegungsmoment. Die Dichtung erfolgt am besten durch Aufschleifen mit 10—20 mm breiten Ringflächen. Muss man Stiftschrauben anwenden, die das Auf- oder Nachschleifen verhindern, so legt man mit Firnis getränktes Zeichenpapier, Asbest oder Metallgeflecht zur Dichtung zwischen die Flantschen. Für die Stärke des Deckels als einer runden Scheibe von D_0 cm Φ (ohne Rücksicht auf Stopfbuchse und Rippen) kann man rechnen $w = D_0 \sqrt{\frac{p}{3{,}3\,s}}$, mit der Biegungsspannung $s = 200$—250 kg/qcm, z. B. für

$p = 8$ Atm. Ueberdruck: $w = 0{,}1\ D_0$ [3]. Der Cylinderboden wird an mittelgrossen Maschinen mit dem Cylinder zusammengegossen, wobei eine Aussparung vom halben Cylinderdurchmesser zur Durchführung der Bohrspindel und später zum Einsetzen eines besonderen Stopfbuchsenstückes vorzusehen ist. Bei kleinen Maschinen kann, soweit noch die Bearbeitung der Stopfbuchse dabei ausführbar ist, der Cylinderboden mit der Kreuzkopfführung ein Stück bilden. Bei grösseren Maschinen wird der Boden besonders hergestellt und zwischen Cylinder und Führung passend eingelegt. Der Fuss des Cylinders, wofern dieser nicht frei schwebend am Bajonett angeschraubt ist, sitzt als hohler Sockel mitten unter ihm; bei grösseren Cylindern kann je eine Bank an den Enden des Cylinders sitzen, deren hintere nicht festgeschraubt wird, sondern in geschlossener Führung auf der Fundamentplatte gleiten kann. Sind mehrere Cylinder in einem Gussstück vereinigt, so bohrt man die Cylinder so viel zu nahe, dass die Axen im warmen Zustand des Gussstücks richtig liegen. An Armaturen der Cylinder sind noch zu nennen: Umkleidung mit Asbestpappe und Stahlblech von 1,5 mm Stärke, befestigt auf Holzunterlagen; Schmierung des Schiebers (und des Kolbens); Ablasshähne; Indikatorstutzen; drei Abpressschrauben im Deckelflantsch, eventuell Sicherheitsventile gegen Wasserschlag. — S. auch Dampfmaschinen und Schiffsmaschine.

Litteratur: [1] Zeitschr. d. Ver. d. Ing., 1892, Taf. XXVII (drei Cyl. 1 : 10, Masch. 1 : 25). — [2] ebd., Taf. IX (Masch. 1 : 30). — [3] Bach, Masch. Elemente, Stuttgart, S. 525. *Lindner*

Dampfcylinderschmierung erfolgt fast ausschliesslich dadurch, dass dem Dampfcylinder das erforderliche Oel durch den Arbeitsdampf selbst zugeführt wird. Zu dem Zwecke wird das Oel bereits in der Dampfleitung dem strömenden Dampfe kontinuirlich beigemischt. — Die Oelzufuhr bewirkt gewöhnlich eine sogen. Oelpumpe, die von der Dampfmaschine angetrieben wird, so dass die Schmierung nur während des Ganges der Maschine erfolgt. Die Oelpumpen oder Schmierpressen bestehen aus einem mit Oel gefüllten Cylinder, in welchem ein Plunger sich dicht bewegt. Der Plunger wird mittelst Schrauben- oder Schneckengetriebes und Schaltwerks langsam nieder bewegt und das Oel durch ein dünnes Röhrchen in die Dampfleitung gepresst.



Den Querschnitt einer derartigen Oelpumpe zeigt obenstehende Figur. Die als flachgängige Schraube ausgebildete Kolbenstange *S* verschiebt sich in der Nabe eines Zahnrades, das mit der Klinke des Schalthebels *H* in Eingriff steht. Der Schalthebel wird von irgend einem geeigneten Punkte des Maschinentriebwerks oder der äusseren Steuernng aus bethätigt. Die Handkurbel *K* dient zum raschen Zurückziehen des Kolbens zwecks Einfüllens von Oel in den Cylinder durch den Fülltrichter *T*.

Zum Schmieren des Dampfcylinders muss dickflüssiges Mineralöl von hohem Siedepunkt benützt werden.

Litteratur: Scholz, R. Mollerups Schmierapparat, Zeitschr. d. Vereins deutscher Ingen. 1885, S. 683; Rosenkranz, Ueber neuere Schmiervorrichtungen, ebenda 1887, S. 933; Engler, Viskosimeter für Schmieröle, ebenda 1888, S. 869; Lüders, C., Apparate zur mechanischen Prüfung von Schmiermitteln, ebenda 1893, S. 941.

Dampfdichte, das spez. Gew. eines Körpers in Dampfform.

Dampfdom ist ein auf Dampfkesseln bezw. Oberkesseln aufgesetzter, mehr oder weniger grosser, geschlossener Cylinder, der als Erweiterung des Dampfraumes dient. Er soll die Dampfentnahme in möglichst grosser Entfernung vom Wasserspiegel des Kessels zur Erzielung trockenen Dampfes ermöglichen, weshalb die Dampfleitungen stets an den Dom anschliessen. Derselbe dient ausserdem zur Anbringung der Sicherheitsventile und anderer Sicherheitsapparate

und ist mit einem Mannloch behufs Zugänglichkeit des Kesselinnern versehen. Die Erzielung trockenen Dampfes wird durch den Dom erfahrungsgemäss jedoch nur in unvollkommener Weise erreicht und wird an dessen Stelle besser in der ganzen Länge des Wasserspiegels ein Dampfentnahmerohr in den Dampfraum des Kessels eingebracht, das den sich entwickelnden Dampf durch Längsschlitze gleichmässig abziehen lässt. **Gutermuth.**

Dampfdreschmaschine, eine für grosse Leistung und gute Reinigung bestimmte Dreschmaschine, welche in der Regel durch eine Lokomobile betrieben wird, wiewohl ab und zu auch andere Motoren Verwendung finden. Der Bau und die Arbeitsweise ergibt sich aus Fig. 1 u. 2, welche sich auf die von Heinr. Lanz in Mannheim gebauten Maschinen beziehen. Das Getreide wird bei *C* (Fig. 1) eingelegt, durch die rasch rotirende Trommel *U* erfasst und zwischen dieser und dem Mantel 20 durchgerieben, wodurch das Entkörnen erfolgt. Das Stroh wird den Schüttlern *E* übergeben, welche lose Körner und Spreuteile durchfallen lassen; beide gelangen nebst den durch den Mantel fallenden auf dem rüttelnden Sammelbrett *F* nach dem Siebkasten, dessen Siebe, unterstützt durch den Wind des Ventilators *Z*, die Spreu von den Körnern abscheiden. Dieselben werden durch einen Becher-Elevator nach aufwärts befördert und können nun (Fig. 2) von *B* aus den Gerste-Entgranner *D* und die Brandtrommel *E* durchlaufen, um nach Begegnung mit einem zweiten Windstrom und Passiren der Siebe *J* im verstellbaren Sortircylinder *R* der Dicke und Grösse nach sortirt und in die angehängten Säcke abgegeben zu werden, während das Stroh auf der entgegengesetzten Seite abfällt.

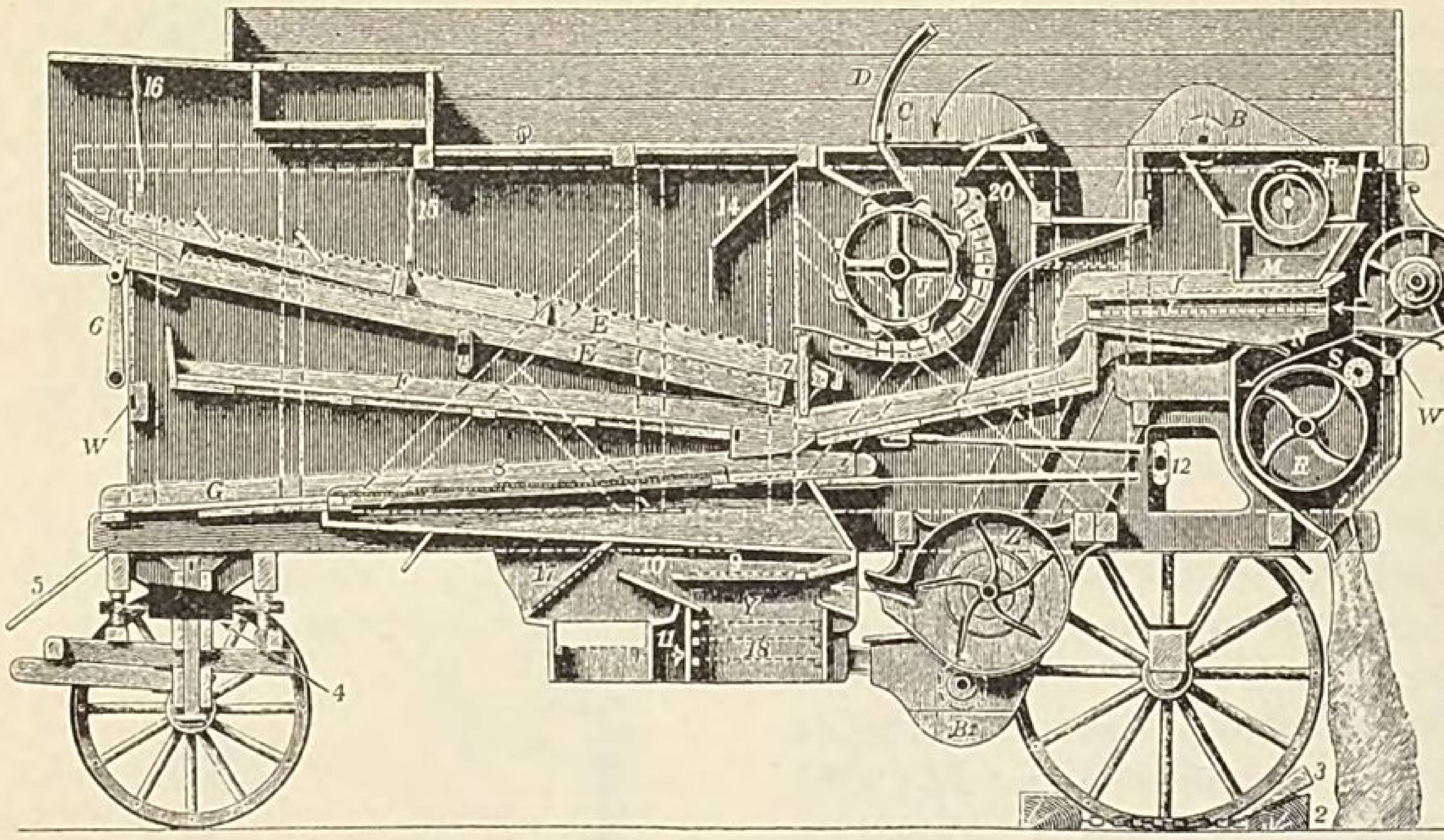


Fig. 1.

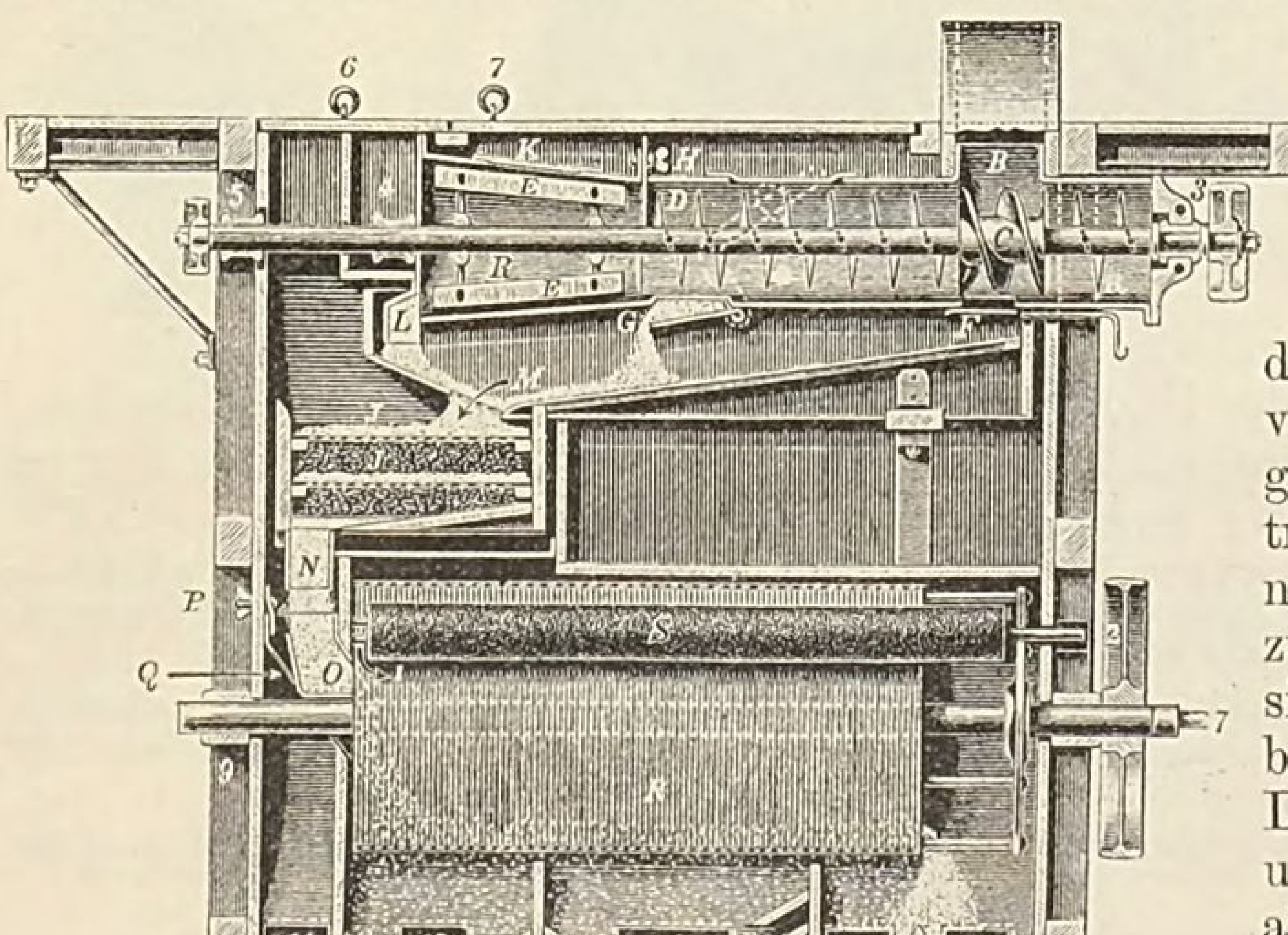


Fig. 2.

Reindrusch und Leistung hängen wesentlich davon ab, dass das Getreide in gleichmässigem Strom der Trommel zugeführt wird. Dasselbe wirkt, zwischen Trommel und Mantel eingezwängt, wie ein Bremsband; starkes Einlegen wird also die Geschwindigkeit der Trommel vermindern und umgekehrt; da Ventilator, Schüttler, Siebkasten etc. von der Trommelwelle aus bewegt werden, so wird auch die Geschwindigkeit ihrer Bewegung beeinflusst durch diejenige der Trommel und jede Abweichung von der normalen muss schaden. Um nun unabhängiger von der einlegenden Person zu sein und zugleich Unglücksfälle zu verhüten, werden vielfach selbstthätige Speiseapparate (Selbsteinleger) verwendet. Während bei dem Apparat von Clayton & Shuttleworth-Lincoln-Wien die Zuführung durch eine Art von Strohschüttler erfolgt, findet die Speisung bei demjenigen von Marshall, Sons & Co., Gainsborough, mittelst

endloser Riemen, welche mit Stiften versehene Querleisten tragen, statt. Schwingende Gabeln verhindern den Eintritt zu grosser Getreidemengen. Der Arbeiter hat nur die auf das Einlegebrett gelegte Garbe zu öffnen, das weitere besorgt der Apparat, welcher über der Trommel angeordnet ist. (Preis ca. 500 Mk.) Um das Personal vor Unglücksfällen zu schützen, bedient man sich vielfach der Schutzklappen, welche offen stehen, so lange der Einleger seinen Platz einnimmt, sich jedoch von selbst schliessen und dadurch den Einlegetrichter vollständig verdecken, sowie er denselben verlässt.

Den Bau der Trommel zeigt Fig. 3. Dieselbe ist zentrisch auf eine starke Stahlwelle aufgeschoben und mit einer Anzahl von Querleisten (6—10) versehene welche mit gerieften Stahl-Schlagleisten gedeckt sind. Für die Erzielung eins, ruhigen Ganges der Trommel, welche 1000 bis 1300 Touren pro Minute macht, ist nötig, dass kein Uebergewicht in einem Teil derselben vorhanden ist, z. B. durch ungleiches Gewicht der Schlagleisten. Die Trommellager sollen, da auf

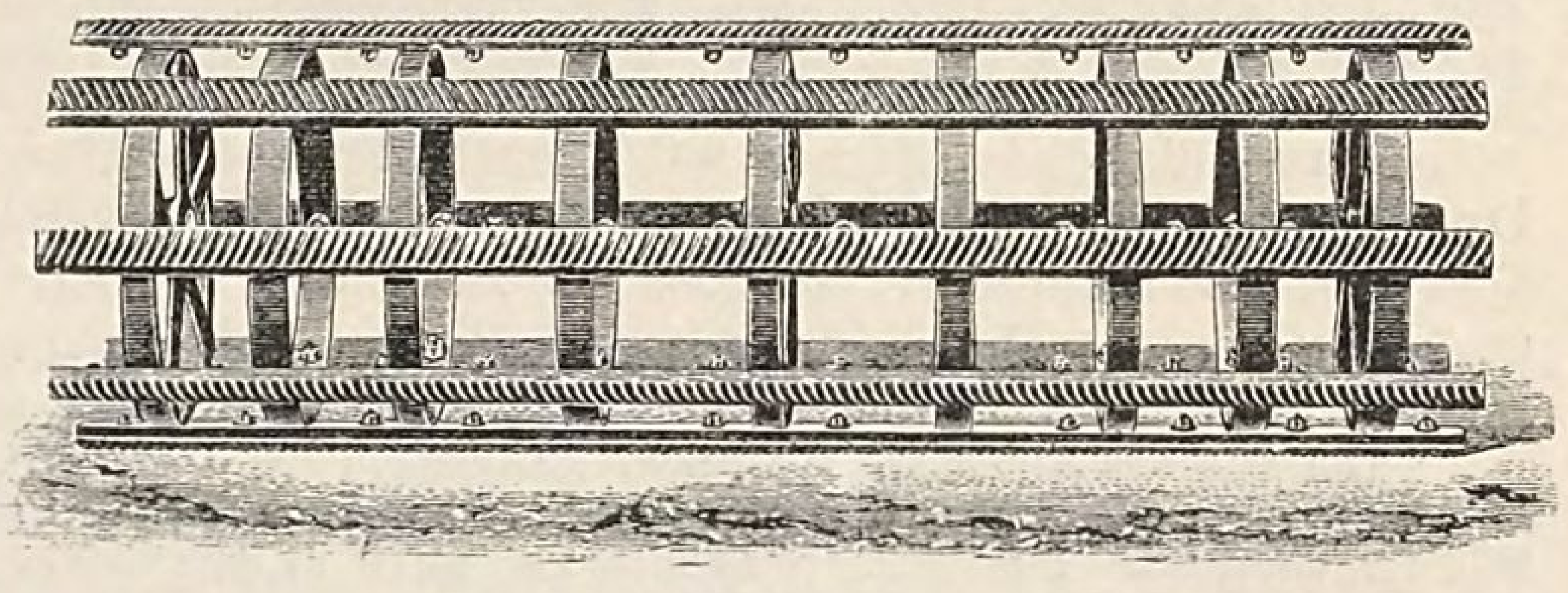


Fig. 3.

der Welle verschiedene Riemenscheiben die Bewegung auf andere Maschinenteile übertragen, die Tourenzahl gross ist und der Antriebsriemen einen Zug nach rückwärts ausübt, mit zuverlässigen Selbstölern ausgerüstet sein. Der Mantel (Fig. 1, 20) besteht aus einem System von eisernen Stäben und umgibt die Trommel auf $^2/_5$ bis zur Hälfte ihres Umfanges. Mit zwei Scharnieren versehen, lässt er sich durch Stellschrauben nach Bedarf gegen die Trommel anstellen und zwar so, dass die Stellung von oben nach unten allmälich enger wird. Die beim Durchgang zwischen Trommel und Mantel ausgeschlagenen und ausgeriebenen Körner gelangen nebst Spreu zwischen den Stäben des letzteren hindurch auf das in Holzfedern schwingende Sammelbrett, welches die Masse nach dem Siebkasten befördert. Dieser erhält seinen Antrieb durch eine Kurbelwelle, wodurch er, in Holzfedern schwingend, eine rüttelnde Bewegung macht.

Er enthält gewöhnlich vier für die verschiedenen Sämereien auswechselbare Siebe: das Ueberkehrsieb 8 (Fig. 1) zur Abscheidung leerer Aehren und grober Spreu; ein Spreusieb 9, von welchem die kleine Spreu durch den Ventilator *Z* abgeblasen wird; die Siebe des Kastens Y, von welchen das oberste (Steinsieb) Fremdkörper, das folgende (Sandsieb) Sand und kleine Unkrautsamen abscheidet.

Schliesslich gelangen die vorgereinigten Körner durch den Elevator nach aufwärts und werden der Schnecke (Fig. 2) übergeben. Man hat es nun in der Hand, den Gersten-Entgranner *D* und die Brandtrommel *E* weiter zu benützen, in welchem Fall die Schieber *F* und *G* geschlossen bleiben, oder die Körner durch den geöffneten Schieber *F* weiter zu geben. Im ersteren Fall schneiden und drücken die an der Welle befindlichen Messer die Grannen ab und in der mit gerieften Wandungen versehenen Brandtrommel werden die mit Brandsporen verunreinigten Weizenkörner, indem sie durch die Leisten *E* an der Wand gerieben werden, gereinigt. Bei jeder Einstellung fallen die Körner durch die Oeffnung *M* auf die Siebe *JJ*, wo Koppstaub und Grannen durch den Ventilator *T* (Fig. 1) abgeblasen werden, um schliesslich in den Sortircylinder *R* zu gelangen. Aus demselben fallen bei gleicher Maschenweite die schmalen Körner sofort durch und werden bei 13 (Fig. 2) aufgefangen, die mittleren bei 12 und die vollkommensten Körner bei 11. Die meisten Cylinder sind entsprechend der Korngrösse der einzelnen Getreidearten in der Maschenweite mittelst einer bei 7 anzusetzenden Kurbel verstellbar; immer ist über dem Cylinder eine Bürstenwalze *S* angebracht, welche die eingeklemmten Körner beseitigt. Auf diese Weise erhält man die Körner in die angehängten Säcke in drei Qualitäten geliefert; will man nicht sortiren, so wird die Klappe *Q* (Fig. 2) umgelegt, worauf die Körner bei 14 anfallen. — Zur Weiterbeförderung des Strohes findet sich bei 14 (Fig. 1) ein frei hängendes Brett, welches die gleichmässige Auflage des Strohes auf die Schüttler *E* regelt und

abspritzende Körner aufhält; letzteres soll auch noch das mit einer Leiste beschwerte Tuch 15 besorgen. Der Strohschüttelapparat besteht meist aus fünf einzelnen durchbrochenen Schüttelrahmen *E*, von welchen zwei sich senkrecht heben und senken, während die drei anderen nach rück- und vorwärts sich bewegen. Da sie mit senkrechten glatten Stiften versehen sind, wird das Stroh unter kräftigem Schütteln nach rückwärts befördert, wobei Körner und Kurzstroh auf das Sammelbrett durchfallen.

Da bei ungleichmässiger Speisung der Maschine und Dreschen von zähem Getreide einzelne Körner mit dem Stroh abgehen, so hat Lanz einen Patent-Nachschüttler an seinen Maschinen angebracht, welcher aus einem Rechen besteht, der sich auf- und ab und zugleich vor- und rückwärts bewegt. Durch ihn werden die Körner vollends rein ausgeschüttelt und fallen auf das verlängerte Sammelbrett *F* (Fig. 1).

Das anfallende Stroh wird entweder von Hand gebunden oder beim Dreschen im Freien lose einem Elevator übergeben, welcher es auf gewisse Höhe hebt und dann abliefert, so dass es zu einem Haufen aufgesetzt werden kann (s. Elevator). Durch Anordnung eines Strohbinders unter und hinter den Schüttlern kann die Maschine das Stroh in gebundenem Zustand abgeben.

Der Bau des Apparates entspricht demjenigen der Bindevorrichtung, wie sie die Getreide-Mähe- und Bindemaschinen besitzen (s. Selbstbinder). Der Preis ist für einfaches Binden 900, für doppeltes 1150 Mk. Will man das Stroh in gepresstem Zustand abnehmen, so kann dies durch Verbindung mit einer Strohpresse geschehen (s. Heupresse).

Bezüglich der Konstruktion und Arbeitsweise stimmen die Dampfdreschmaschinen der einzelnen Fabriken mit der oben gegebenen Beschreibung überein; in Einzelheiten, wie der Ausführung des Putzapparates, des Antriebs von Schüttlern und Siebkasten durch eine oder zwei verschiedene Wellen etc. weichen sie mehr oder weniger ab. (Vergl. [1]—[3].) Die Leistung ist abhängig von den Dimensionen, besonders der Trommel, ihrem Durchmesser (40—55 cm) und ihrer Breite (100—170 cm), der Geschicklichkeit des Einlegers, dem Verhältnis von Stroh- zu Körnergewicht und der Getreideart, sowie dem Zustand des Getreides beim Dreschen, ob dürr oder zähe. Es lassen sich deshalb keine allgemein giltigen Angaben machen.

Als Anhaltspunkt mag dienen, dass gute Maschinen pro Stunde 1,5—4 t Getreide auszudreschen und die Körner in annähernd marktfähig gereinigtem Zustand abzugeben vermögen, so dass bei zehnstündiger Arbeitszeit 50—130 M.-Ztr. Getreidekörner erdroschen werden können.

Dimensionen und Preise von Dreschmaschinen ergeben sich aus folgender Zusammenstellung:

Nr.	Bezugsquelle	Marke	Trommelbreite cm	Gewicht M.-Ztr.	Preis Mk.	Nötige Stärke der Lokomobile HP.
1.	Heinrich Lanz, Mannheim	*A*	107—170	26—32	2300—2800	4—6
	dito (für mittlere Leistung) . . .	*C*	138—155	41,5—44,5	3100—3250	6—7
	dito (für grosse Leistung) . . .	*C*	138—153	44—47	3200—3450	7—10
2.	Badenia in Weinheim in Baden	A_1	107—122	32—34,5	2700—2800	4—5
	dito	A_3	122—170	40—49	2875—3850	6—12
3.	Vereinigte Fabriken landw. Maschinen, Augsburg	*N G*	140—160	34—37	2880—3080	7—9
4.	Aktiengesellsch. H. F. Eckert, Berlin . .	*N D K*	150	45	3800	10
5.	C. A. Klinger, Altstadt-Stolpen (Sachsen)	*Wettin*	150	30	2750	4—5

Die Zahlengrenzen beziehen sich auf einzelne Nummern derselben Marke; nicht inbegriffen sind die Preise für eine Räder-Schraubenbremse mit 70—90 Mk. und für den 18 m langen ledernen Treibriemen mit 140—160 Mk. Die Preise für ganze Dampfdrusch-Garnituren, also für Dreschmaschine, Lokomobile, Treibriemen samt allem Zubehör berechnen sich z. B. bei Lanz-Mannheim bei Marke *C* für mittlere Leistung mit 7000—7850 Mk., für grosse Leistung mit 7750—8650 Mk.

Beim Betrieb ist besonders auf folgendes zu achten: Die Dampfdreschmaschine muss fest und horizontal aufgestellt werden; ersteres geschieht mittelst Unterlagen und Holzkeilen (s. Fig. 1), letzteres wird erleichtert durch zwei in einem Längs- und Querrahmen eingelassene Wasserwagen. Ferner ist der Mantel genau und zwar so anzustellen, dass Reindrusch erfolgt bei grosser Leistung; für den Drusch von Hülsenfrüchten und Raps wird, um das Zerschlagen der Körner zu verhüten, eine Trommel mit glatten Schlagleisten verwendet. Die passenden Siebe sind einzusetzen, die Stärke des Windstroms zu reguliren und der Reinigungsapparat richtig

einzustellen. Sämtliche Lager sind stets gut geschmiert zu halten, am besten durch selbstthätige Fettschmier-Apparate; auch ist die Einhaltung der normalen Tourenzahl der Trommelwelle sehr wichtig und deshalb bei den wechselnden Widerständen ein empfindlicher Regulator der Lokomobile erwünscht. Die Betriebssicherheit wird vervollständigt durch Verdecken der Riemen und Riemenscheiben mittelst Drahtgitter (Lanz, Badenia u. a.).

Den Kraftbedarf gibt Wüst [2] nach englischen Versuchen wie folgt an:

Bei Dampfdreschmaschinen von 1,37 m Breite für den Leergang 4,3—6,4 P., im Mittel 5,5 P., bei den mit 2 Gebläsen und Sortircylinder ausgerüsteten 6,5—8,3 oder im Mittel 7,25 P.

Die Leistung der Nutzpferdekraft ist je nach dem Getreide sehr verschieden, bei Weizen 0,75—1,5 t, bei Gerste ca. 2 t, bei Hafer ca. 4 t pro Stunde.

Nach Ermittelungen der sächsischen Maschinenprüfungsanstalt (Sächs. landw. Zeitschrift 1890, Heft 43) bedurfte eine Dampfdreschmaschine von Klinger, Altstadt-Stolpen (Sachsen), mit 160 cm Trommelbreite für den Leerlauf 4,4, für Antrieb der Trommel allein 2,35, für volle Arbeit maximal 6,25 P., bei normalem Gang 5,1 P. Die Leistung war maximal 5070 kg Garben und 1512 kg Körner Roggen, normal 3041 kg Garben und 907 kg Körner Roggen pro Stunde. Es käme somit bei höchstmöglicher Leistung (6,75 P.) eine solche von 242 kg oder 300 l pro P. zu stande, was sehr günstig ist.

Die Kosten des Ausdreschens pro hl oder M.-Ztr. gereinigten Getreides schwanken je nach Leistungsfähigkeit der Maschine, Getreideart etc. bei Weizen mit 30—33 Pfg., Roggen 36—40 Pfg., Gerste 18—22 Pfg., Hafer 14—18 Pfg. pro hl.

Bezugsquellen für bewährte Dampfdreschmaschinen sind: a. Deutsche Fabriken: Heinrich Lanz-Mannheim; Badenia, Weinheim, Baden; Eisenwerk Bergedorf-Hamburg; C. A. Klinger, Altstadt-Stolpen, Sachsen; Vereinigte Fabriken landw. Maschinen, Augsburg. b. Englische Fabriken: Clayton & Shuttleworth, Lincoln-Wien 3/2; Ruston, Proctor & Co., Lincoln (Vertreter: Glogowski & Sohn, Berlin N, Chausséestr. 2); Marshall Sons & Co., Gainsborough (Vertreter: A. Lythall, Halle a. S.); Robey & Co., Lincoln-Breslau; Nalder & Nalder Wantage (Vertreter: Leonhard & Co., Berlin, Karlsstr. 19). c. Oesterreichische Fabriken: Clayton & Shuttleworth, Wien 3/2, Löwengasse 34; Hofherr & Schrantz, Wien X, Erlachgasse 26.

Litteratur: [1] Rühlmann, Allgem. Maschinenlehre, Braunschweig 1862—75. — [2] Wüst, Landw. Maschinenkunde, Berlin 1889, 2. Aufl. — [3] Perels, Die Anwendung der Dampfkraft in der Landwirtschaft, Halle 1872. *Strebel.*

Dampfdruckkurve, s. v. w. Druckkurve (s. d.).

Dampfdruckreduzirventile, s. Druckverminderungsventile.

Dampfdynamo, s. Dynamomaschinen.

Dampfegge, s. Dampfpflug.

Dampfentwässerungsapparate, s. Dampfwasserableiter.

Dampfertypen. Die Benützung der Dampfkraft zur Fortbewegung der Schiffe hat im Laufe der Zeit, den verschiedenen Zwecken entsprechend, die mannigfachsten Typen von Dampfern geschaffen, welche teilweise nach der Art des treibenden Motors, teilweise nach dem Hauptverwendungszweck benannt sind. Je nach dem Motor unterscheidet man Schraubendampfer, Raddampfer und Turbinendampfer, nach der Konstruktion des Schiffes für Fluss- oder Seeschifffahrt Fluss- und Seedampfer. Zu ersteren gehören im besonderen die Hinterrad- oder Heckraddampfer, welche mit einem Schaufelrad am Heck versehen sind, um enge Flussläufe, Schleusen etc. passiren zu können. Die Seedampfer gliedern sich in Frachtdampfer oder Transportdampfer, welche für die Beförderung von Gütern bestimmt sind; für Petroleumladungen baut man neuerdings Tankdampfer, welche durch eine grössere Zahl Abschottungen Tanks enthalten, in welche das Petroleum gepumpt wird; in Passagierdampfer, welche im besonderen für den Personenverkehr eingerichtet sind, und in Schnelldampfer, welche zu gleicher Zeit sich durch hohe Geschwindigkeiten auszeichnen. Zu letzteren zählt man im besonderen die grossen transatlantischen Dampfer, welche den Personen- und Postverkehr zwischen Liverpool, Bremerhaven und Hamburg einerseits mit New-York andererseits vermitteln. Dieselben haben in den letzten Jahren Geschwindigkeiten bis zu 22 Knoten pro Stunde erreicht. — Für den Hafendienst dienen die Lotsendampfer, Eisbrecher, Schleppdampfer (Bugsirdampfer) und Fährdampfer. Die Bergungsdampfer sind dazu bestimmt, Rettungsdienste zu verrichten bei gestrandeten bezw. havarirten Schiffen; zu gleichem Zweck dienen die Pumpendampfer. — Fischdampfer sind sogen. Dampfquatzen, d. h. Dampfer, deren Laderaum zur Aufnahme lebender Seefische eingerichtet sind. *Tj. Schwarz.*

Dampffarben, solche Druckfarben, die zu ihrer Fixirung und Entwicklung der Einwirkung des Dampfes bedürfen. Dampffarben werden heute in der Druckerei mit Ausnahme von einigen wenigen Fällen (Aetzen von Küpenblau

und Türkischrot, Anilinoxydationsschwarz, auf der Faser erzeugte Azofarbstoffe) fast ausschliesslich angewendet. Die Dampffarben enthalten ausser dem betreffenden Farbstoff bezw. der Farbsäure eine oder mehrere Beizen, mit geeigneten Lösungsmitteln versetzt; beim Dämpfen findet Lackbildung und Fixirung auf der Faser statt. — Alle Anilinfarbstoffe, Alizarinfarben, Albuminfarben etc. werden als Dampffarben aufgedruckt und finden dieselben sowohl für Baumwolle, als auch für Wolle, Seide und Halbseide Anwendung. *J. B. Weckerlin.*

Dampffass, s. Spiritusfabrikation.

Dampffeuchter, jene Art der zum Feuchten, Matrisiren des endlosen Papiers in der Papiermaschine dienenden Vorrichtungen, welche dieses Anfeuchten durch Zuführung von Dampf zur Papierbahn und Kondensation desselben bewirken. S. Papierfabrikation.

Dampffeuerspritze. Dieselbe [1] bis [4] unterscheidet sich von der Handdruckspritze durch kontinuirliche Leistung ohne Unterbrechung, durch grössere Leistungsfähigkeit überhaupt und dadurch, dass sie keiner Pumpmannschaft, sondern nur einer ganz geringen Bedienungsmannschaft bedarf. Eine Dampfspritze besteht im wesentlichen aus dem Kessel (Dampferzeuger) A, dem Dampfcylinder und -Kolben B, der kompleten Spritzenpumpe C und dem Kurbelmechanismus mit Schwungrad D (Fig. 1), [4], S. 245. Der Kessel ist selbstverständlich mit der erforderlichen Armatur — Speisepumpe, Injektor, Sicherheitsventil, Probirhahnen, Manometer etc. — versehen. Das ganze Werk ruht auf einem vierräderigen Wagen, neuerdings auch — als Abprotzdampfspritze konstruirt — auf zweiräderigem Wagen. — Dampf- und Spritzencylinder sind liegend, stehend oder auch, wie bei Dampfspritzen, die zugleich als Lokomobile dienen, in schräger Anordnung zu finden.

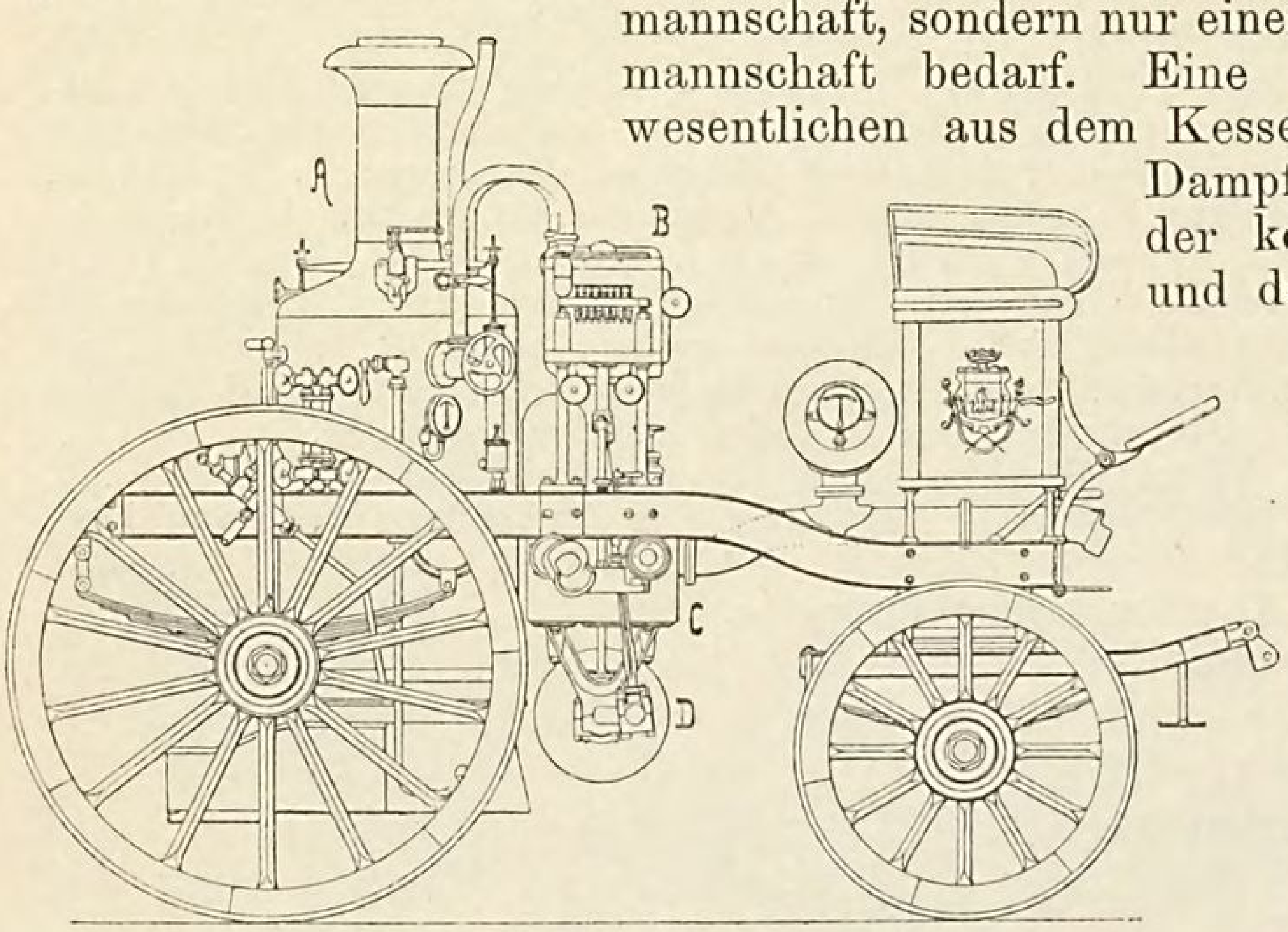
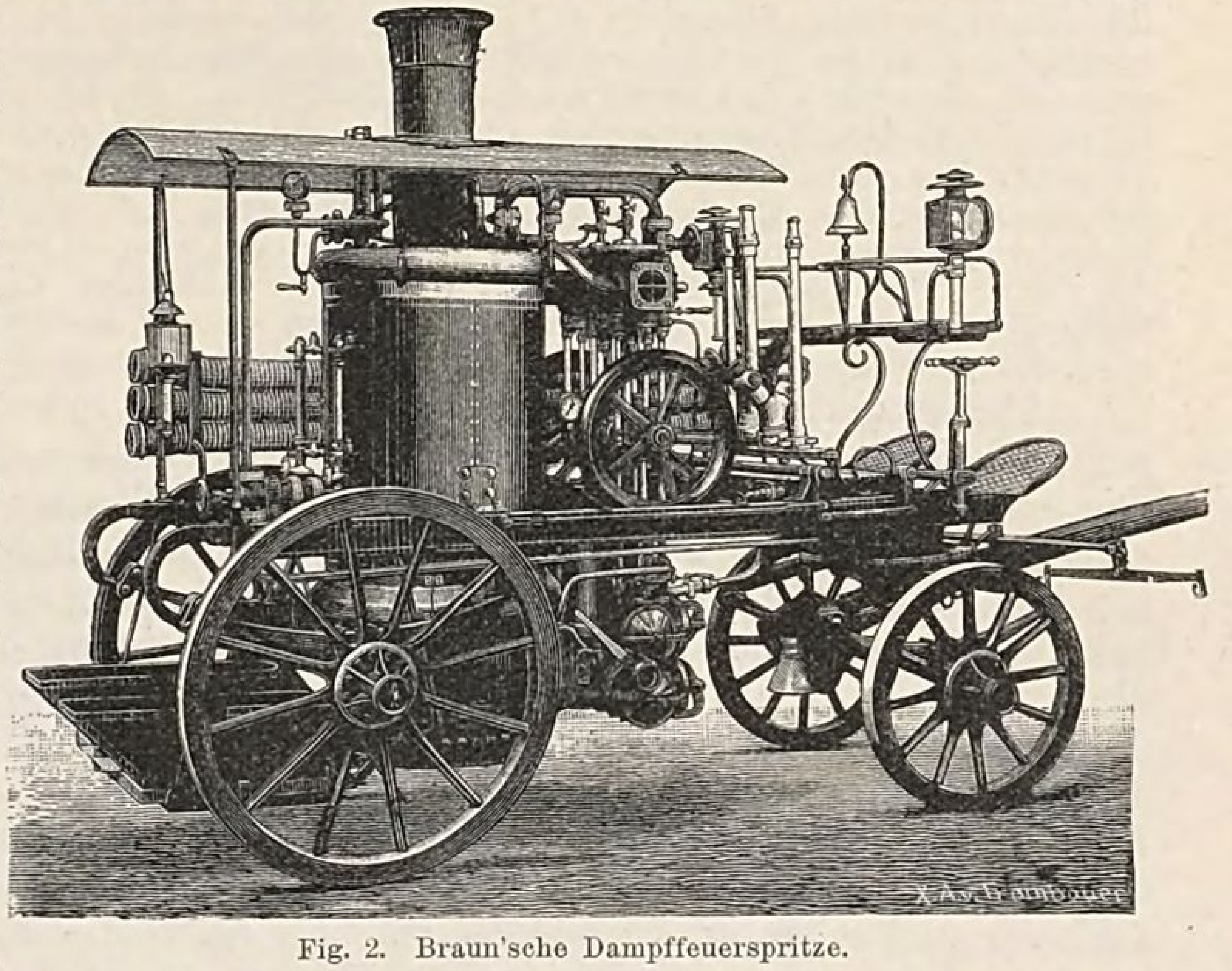


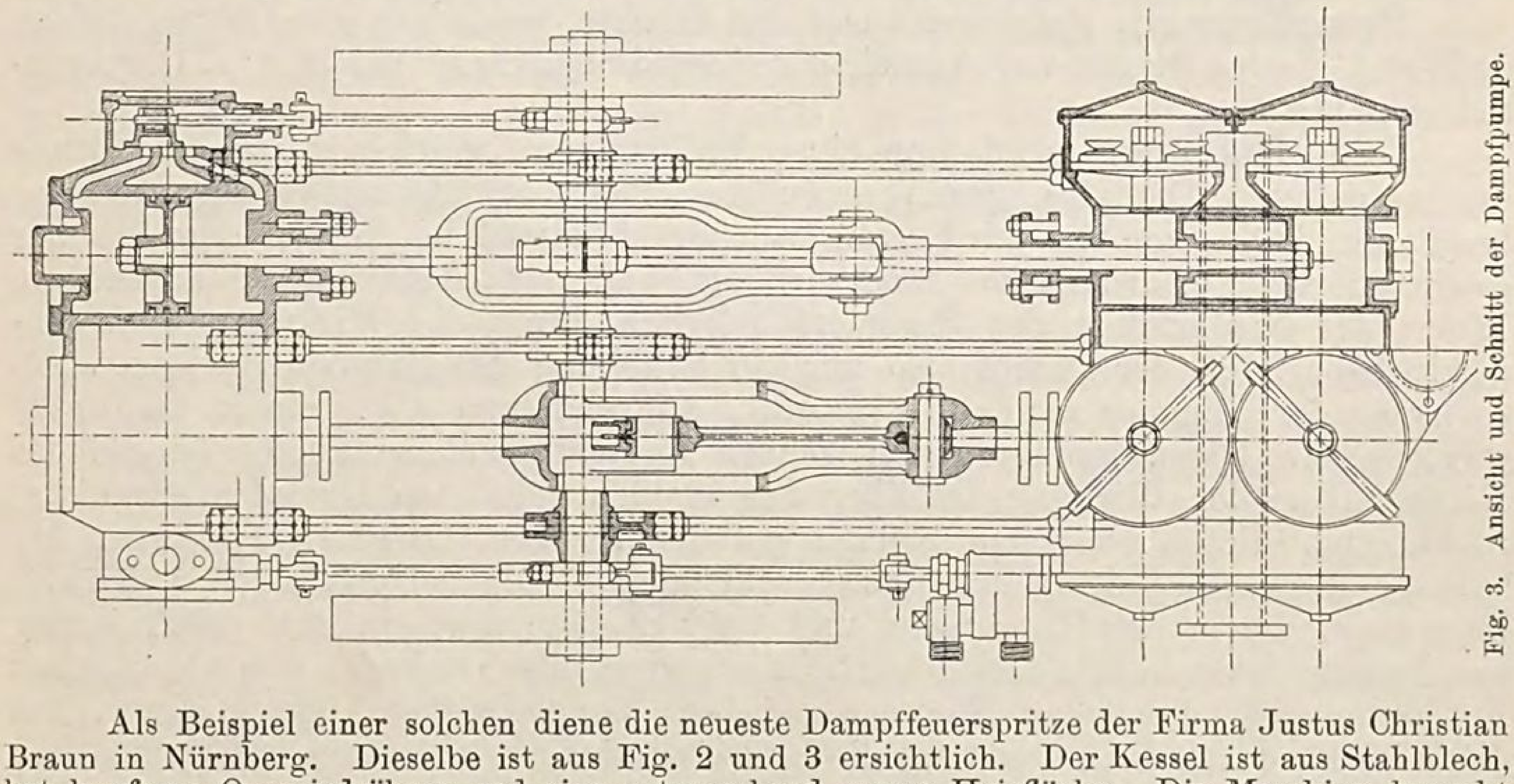
Fig. 1. Dampffeuerspritze von Krebs. Pariser Modell 1888.

Die erste Dampffeuerspritze wurde in Amerika im Jahre 1840 durch Hodge erbaut. Erst im Jahre 1860 folgte in England die Erbauung einer Dampffeuerspritze durch Merryweather-London, in Deutschland 1865 durch Moltrecht-Hamburg, in Oesterreich 1867 durch Knaust-Wien. Auf den mit den deutschen Feuerwehrtagen seit 1865 verbundenen Feuerlöschgeräteausstellungen, mit welchen bis auf die neuere Zeit eine Prüfung der Geräte verbunden war, bei welcher der Verfasser Dieses jedesmal mitwirkte, hatte man die beste Gelegenheit, nicht allein die verschiedenen Dampffeuerspritzensysteme, sondern auch die Fortschritte im Bau derselben kennen zu lernen. Es waren Dampffeuerspritzen ausgestellt: 1865 in Leipzig von Moltrecht-Hamburg, 1868 in Braunschweig von Franke-Berlin und Egestorff-Linden vor Hannover, 1870 in Linz von Knaust-Wien und Lange & Gehrkens-Ottensen bei Altona, 1874 in Kassel von Knaust-Wien, 1877 in Stuttgart von Jauk-Leipzig und Silsby-Seneca Falls, New-York, 1880 in Dresden von der Hannover'schen Maschinenfabrik, vormals Egestorff, und von der Lausitzer Maschinenfabrik-Bautzen, 1883 in Salzburg von Krauss-München, 1888 in Hannover von Beduwe-Aachen und von der Lausitzer Maschinenfabrik, 1893 in München von Beduwe, von Braun-Nürnberg, von Kernreuther-Wien und von der Lausitzer Maschinenfabrik. Die von Moltrecht 1865 in Leipzig ausgestellte Dampfspritze, nach dem Ausstellungskatalog „kleinste Sorte, in 7—8 Minuten nach Anzündung des Feuers in Thätigkeit, 450 l in der Minute liefernd, mit einem Pferde zu transportiren", warf bei der Prüfung in einer Minute 560 l Wasser 40 m weit und kostete 13000 Mark, die 1868 in Braunschweig von Egestorff ausgestellte Dampfspritze „eine kleine Dampffeuerspritze mit liegenden Cylindern, doppeltwirkend", warf bei der Prüfung in einer Minute mit 19 mm weitem Mundstück 430 l Wasser 33,5 m weit aus, die Zeitdauer vom Anzünden des Feuers betrug 12 Minuten bis zu 0,07 Atm. Ueberdruck, 24 Minuten bis zu 3,5 Atm. Ueberdruck, der Dampfdruck bei Beginn der Arbeit 6 Atm. und während derselben 5,7 Atm. Die Maschine kostete 14000 Mark. Die zugleich von Franke-Berlin ausgestellte Dampfspritze „kleinster und einfachster Art" mit vertikalen Cylindern, über welche von dem damaligen Branddirektor Scabell in Berlin ein günstiges Zeugnis vorlag, warf in einer Minute mit 14 mm weitem Mundstück 140 l Wasser 21 m weit aus, die Zeitdauer vom

Anzünden des Feuers betrug 20 Minuten bis zu 0,07 Atm. Ueberdruck, 29 Minuten bis zu 2 Atm. Ueberdruck, der Dampfdruck bei Beginn der Arbeit 5,5 Atm., während derselben 4 Atm., Preis 9000 Mark. In Stuttgart 1877 betrug bei der Jauk'schen Dampfspritze mit 1100 l Wasserlieferung auf 57 m Wurfweite die Zeitdauer vom Anheizen bis zu 1 Atm. Ueberdruck 17 Minuten, bis zu 4 Atm. 22 Minuten, dann Beginn der Arbeit, Preis 9000 Mark. Die zugleich ausgestellte Silsby'sche Maschine mit 2200 l Wasserlieferung auf 60 m Wurfweite brauchte vom Anheizen bis zu 1 Atm. Ueberdruck 5 Minuten, bis zu 2 Atm. 9 Minuten; bei 1 Atm. Ueberdruck wurde mit der Arbeit begonnen. Der Preis betrug das Doppelte der Jauk'schen Maschine u. s. f. Ausser den bis jetzt Genannten sind als Erbauer von Dampffeuerspritzen noch zu nennen: Amosknag-Manchester, Amerika; Ahrens manufakturing-Cincinnati, Amerika; Flader-Jölstadt; Shand Mason-London.


Fig. 2. Braun'sche Dampffeuerspritze.

Die wesentlichsten Anforderungen an moderne Dampffeuerspritzen sind: 1. Es muss in möglichst kurzer Zeit Dampf erzeugt, mit der Löscharbeit begonnen und ein kräftiger Wasserstrahl geworfen werden können. 2. Der Spritzenmechanismus muss so leicht, als mit der Anstrengung während des Gebrauchs vereinbarlich konstruirt sein. 3. Die Durchbiegung des Wagengestelles beim raschen Fahren darf keine schädliche Rückwirkung auf den Spritzenmechanismus äussern. 4. Damit starke Schwankungen während der Fahrt nicht entstehen können, müssen alle auf dem Wagen angebrachten Teile möglichst nahe dem Schwerpunkt desselben sich befinden. Während die älteren Dampffeuerspritzen erhebliche Mängel hatten, namentlich unruhiges Verhalten bei der Arbeit, umständliches Herausnehmen und schwieriges Reinigen der Ventile, fortwährendes Hin- und Herbewegen der Schläuche etc., sind diese Mängel bei den neueren Konstruktionen beseitigt.


Fig. 3. Ansicht und Schnitt der Dampfpumpe.

Als Beispiel einer solchen diene die neueste Dampffeuerspritze der Firma Justus Christian Braun in Nürnberg. Dieselbe ist aus Fig. 2 und 3 ersichtlich. Der Kessel ist aus Stahlblech, hat kupferne Quersiedröhren und eine entsprechend grosse Heizfläche. Die Maschine braucht 10—15 Minuten vom Anheizen bis zum Beginn der Arbeit und es lässt sich dann eine gleiche Dampfspannung erhalten. Die Armatur besteht aus 2 Sicherheitsventilen, 2 Wasserstandsanzeigern, 2 Manometern, 1 Kontrollmanometerhahn, 1 Injektor, 1 Maschinenspeisepumpe, 2 Rückschlagventilen, 1 Ventil für den Bläser zur Herstellung künstlichen Zuges, 1 Dampfpfeife, 1 Ventil für den Injektor, 1 Rauchklappe, 1 Laterne zur Beleuchtung der Wasserstände.

Das Speisewasser wird von dem Injektor und der Maschinenspeisepumpe dem vorne am Wagen angebrachten Wasserreservoir entnommen, das, wenn die Spritze thätig ist, durch diese gefüllt wird. Das Zwillingsdampfpumpwerk ist stehend angeordnet und an den Kessel montirt. Die Dampfcylinder befinden sich oben, die Spritzencylinder unten und die Verbindung der Dampf- und Spritzenkolbenstange geschieht durch ein neues, von Braun konstruirtes Verbindungsteil, in welchem sich die Lenkstange bewegt. Diese Verbindung hat gegenüber den sonst gebräuchlichen Kurbelschleifen den Vorteil, dass die Reibung und ebendamit die Abnützung der beweglichen Teile vermindert und besonders der Oelverbrauch ein geringerer wird. Das Pumpwerk ist aus Messing hergestellt und mit kupfernem Saug- und Druckwindkessel versehen. Die aus Gummi bestehenden Ventile sind seitlich angeordnet und können durch Lösen einer Bügelschraube leicht blosgelegt und ausgewechselt werden. An den Ausgängen sind Absperrschieber und in der Druckleitung befindet sich ein Sicherheitsventil, das selbstthätig funktionirt, wenn ein Ueberdruck im Druckwindkessel stattfindet. An die Druckleitung ist auch die Verbindung nach dem Wasserreservoir angeschlossen. Die Pumpcylinder sind mit Ablasshähnchen versehen. Die ganze Maschine samt dem Dampfkessel ruht auf der hinteren Axe des in Eisen ausgeführten Wagens. Am Bocksitz sind zwei Laternen und eine Signalglocke angebracht und hinter dem Kessel befinden sich zwei Kohlenkasten, sowie der Stand des Maschinisten während der Fahrt. Der Dampfcylinder erhält durch eine maschinell angetriebene Schmierpumpe das Oel zugeführt, wodurch der Oelverbrauch dem Gange der Maschine entsprechend regulirt wird. Die Axenlager sind gleichfalls mit regulirbaren selbstthätigen Schmierapparaten versehen.

Die Firma Braun fertigt Dampffeuerspritzen mit einem Dampfcylinder und einem Spritzencylinder und solche mit zwei Dampf- und zwei Spritzencylindern. Die erstere wiegt 1700 kg und wirft ca. 400 l Wasser pro Minute bis zu 40 m weit aus. Die oben näher beschriebene Maschine liefert bei 2100 kg Gewicht pro Minute ca. 900 l Wasser bis auf eine Entfernung von 55 m, die dritte Grösse bei 2600 kg Gewicht ca. 1500 l auf eine Entfernung bis zu 65 m. — Noch ist die Anwendung des Pulsometers als Dampffeuerspritze zu erwähnen. Zu diesem Zwecke werden Dampfkessel und Pulsometer auf einem vierräderigen Wagen vereinigt und durch ein Dampfrohr verbunden. Bei Inbetriebsetzung der Maschine wird der Dampf vom Kessel in den Pulsometer geleitet, letzterer saugt das Wasser aus dem Brunnen, Flusse etc. an, presst es unmittelbar in den Druckschlauch und wirft es, vorausgesetzt, dass ein Saug- und Druckwindkessel angebracht ist, in ununterbrochenem Strahl aus. (S. auch d. Art. Feuerspritze.)

Litteratur: [1] Bach, Die Konstruktion der Feuerspritzen, Stuttgart 1883. — [2] Roper, S. Handbook of modern steam fire engines, including the running, care and management of steam fire engines and fire pumps etc., Philadelphia 1889. — [3] Jeep, W., Der Bau der Pumpen und Spritzen, 2. Aufl., Leipzig 1891. — [4] Berthot, P., Traité de l'élévation des eaux, Paris 1893, S. 225 ff.

Grosmann.

Dampfgarantieen, s. Dampfverbrauchsziffern.

Dampfgrubber, s. Dampfpflug.

Dampfgummi, gleichbedeutend mit Dextrin, besonders jener Sorte, welche gelbliche, glasige Stücke vom Aussehen des arabischen Gummis bildet; s. Dextrinfabrikation.

Dampfhammer nennt man einen Fallhammer, welcher durch den Druck des gespannten Dampfes gegen einen verschieblichen Dampfkolben auf eine bestimmte Höhe erhoben wird, von welcher er darauf herabfällt, um die zur Formänderung erforderliche Stosswirkung auf das Arbeitsstück auszuüben. Wenn das Niederfallen des Hammers lediglich durch die Wirkung des Eigengewichtes erfolgt, der Dampf also nur zur Erhebung des Hammers benützt wird, so heisst der Hammer einfachwirkend, während man unter einem doppeltwirkenden Dampfhammer einen solchen versteht, welcher auch während des Niederfallens der Wirkung des über den Kolben geleiteten Dampfes ausgesetzt ist. Durch diesen über den Kolben geführten sogen. Oberdampf wird die fallende Bewegung des Hammers beschleunigt. Die sogenannten Schnellhämmer, die in der Minute 300 und mehr Schläge machen, sind daher immer als doppeltwirkende Hämmer gebaut. Auch sonst pflegt man die zum eigentlichen Formschmieden dienenden Hämmer meistens doppeltwirkend auszuführen, um die Wirkung durch die vergrösserte Fallgeschwindigkeit zu steigern und namentlich auch die Schlagzahl in einer gewissen Zeit zu vergrössern, was wegen der Abkühlung des unter dem Hammer befindlichen Eisens von um so grösserer Wichtigkeit ist, je geringer die Masse des auszuschmiedenden Arbeitsstückes ist. Dagegen wendet man einfachwirkende Dampfhämmer hauptsächlich an, wenn sie zum Ausschmieden schwerer Stücke dienen, welche einer schnellen Abkühlung

weniger unterworfen sind und bei denen es erfahrungsmässig mehr darauf ankommt, dass der Hammerbär durch eine grosse Masse und weniger durch grosse Geschwindigkeit zur Wirkung gelangt. — Da man bei jedem Dampfhammer dem treibenden Dampfe unter dem Kolben bei beliebiger Höhenlage des letzteren den Ausweg ins Freie gestatten kann, so hat man es auch in der Hand, dem Hammer beliebig grosse Fallhöhen zu geben, um je nach Erfordern leichte und schwere Schläge zu erzielen.

Hierdurch zeichnen sich die Dampfhämmer vor den Aufwerf- und Schwanzhämmern, sowie überhaupt vor allen Hebelhämmern vorteilhaft aus, da bei diesen die Hubhöhe für alle Schläge dieselbe ist, weswegen die letztgedachten Hämmer auch zum eigentlichen Formschmieden nicht geeignet sind. Ein anderer Vorteil der Dampfhämmer den Hebelhämmern gegenüber besteht darin, dass bei den ersteren die Bahn oder Schlagfläche des Hammers immer parallel mit der Ambossbahn bleibt, wie gross auch die Dicke des Arbeitsstückes sei, während bei den Hebelhämmern dieser Parallelismus nur in einer einzigen Stellung des Hammers vorhanden ist.

Man kann übrigens die Intensität eines Schlages bei dem Dampfhammer ausser durch die Veränderung der Fallhöhe auch dadurch beliebig regeln, dass man dem unter dem Kolben befindlichen Dampfe den Austritt durch Drosseln des Austrittsrohres erschwert und dadurch den Fall des Hammers verlangsamt. Man kann sogar den im Niederfallen begriffenen Hammer dadurch auffangen, dass man rechtzeitig frischen Dampf aus dem Kessel unter den Kolben führt. — Mit Bezug auf die Bauart der Dampfhämmer hat man verschiedene Anordnungen zu unterscheiden. Bei der ältesten, von Nasmyth herrührenden und nach ihm benannten Einrichtung hängt der das eigentliche Fallgewicht bildende Hammerbär mittelst einer möglichst dünnen Kolbenstange an dem Kolben des darüber aufgestellten Dampfcylinders, durch dessen unteren Deckel die Kolbenstange in einer Stopfbüchse heraustritt. Der Hammerbär findet eine Geradführung an besonderen Führungslinealen, welche an den beiden Ständern des Hammergerüstes befestigt sind. Dieses Gerüst steht hier wie bei allen übrigen Hammersystemen auf einem sicheren Fundament, welches auch den Untersatz für den Amboss, die sogen. Chabotte, aufzunehmen hat. Da der Fallblock zur Erzielung des erforderlichen Gewichtes und einer hinreichend langen Führung eine erhebliche Länge erhalten muss, so folgt aus der gewählten Anordnung für die Nasmyth'schen Hämmer eine bedeutende Höhe und damit eine geringe Stabilität. Ausserdem ist hierbei die Kolbenstange leicht Beschädigungen ausgesetzt, insbesondere an den Verbindungsstellen derselben mit dem Kolben und dem Fallblocke. Diese Beschädigungen möglichst zu vermeiden, ist es daher geboten, den Kolben so leicht wie möglich auszuführen, damit die Erschütterungen thunlichst vermieden werden, welche durch die in dem Kolben enthaltene lebendige Kraft im Augenblicke des Stosses in der Kolbenstange hervorgerufen werden. Auch die Kolbenstange selbst wird deshalb so dünn wie möglich gemacht, was aus dem Grunde thunlich ist, weil diese Stange bei nicht vorhandener Oberdampfwirkung nur auf Zug beansprucht wird. Trotz der gedachten Uebelstände werden die Nasmyth'schen Hämmer wegen ihrer Einfachheit doch vielfach angewendet, insbesondere bei grossen Fallgewichten, wie sie zum Ausschmieden schwerer Stücke ohne Verwendung von Oberdampf im Gebrauch sind. Von dem vorgedachten Hammer unterscheidet sich der nach dem Condié'schen Systeme gebaute wesentlich dadurch, dass man hierbei den Dampfcylinder selbst als Fallgewicht benützt, zu welchem Behufe dieser Cylinder hinreichend schwer ausgeführt wird und sich an der fest aufgehängten Kolbenstange in senkrechter Richtung verschiebt, wozu der obere Cylinderdeckel mit einer die Kolbenstange abdichtenden Stopfbüchse versehen ist. Die Zuführung des Dampfes geschieht hierbei durch die hohle Kolbenstange, welche in ihrem unteren Teile unmittelbar über dem daselbst angebrachten Dampfkolben mit Durchbrechungen versehen ist, durch die der Dampf in den Cylinder eintritt, so dass der letztere durch den Druck gegen den oberen Deckel emporgehoben wird. Gestattet man hierauf dem Dampfe den Austritt aus dem Cylinder auf demselben Wege durch die hohle Kolbenstange hindurch ins Freie, so fällt der Cylinder vermöge seines Gewichtes herab. Auch dieser Hammer ist einfachwirkend, insofern der Dampf immer nur auf die eine und zwar hier auf die obere Fläche des Kolbens drückt.

Die Kolbenstange wird bei diesem Hammer in einem Querträger aufgehängt, welcher auf dem oberen Ende des Hammergerüstes aufruht, dessen zwei Ständer dem zwischen ihnen verschieblichen Cylinder mittelst geeigneter Führungsleisten zur sicheren Leitung dienen; eine weitere Führung findet der Cylinder in seiner Stopfbüchse an der festen Kolbenstange. Vermöge dieser Anordnung fällt die ganze Höhe des Hammers gering aus, indem dabei ein besonderer Fallklotz gar nicht vorhanden ist und infolge dessen wird die Stabilität dieses Systems eine grosse. Wenn man dasselbe trotzdem nur verhältnismässig wenig in Anwendung gebracht hat, so ist der Hauptgrund darin zu suchen, dass hierbei ein so teures und schwierig herzustellendes Stück wie der Dampfcylinder den stärksten Stössen ausgesetzt ist. Auch ist der freie Arbeitsraum um den Amboss hierbei durch die tief herabreichenden Cylinderführungen in der Höhe sehr beschränkt, wenn man nicht zur Verringerung dieses Nachteils etwa dem Hammer eine bedeutende Hubhöhe gibt, in welchem Falle man die gedachten Führungen zwar höher hinauf rücken kann, womit aber wieder nur eine geringere Stabilität und auch nur eine kleinere Anzahl von Schlägen in der Minute erhältlich ist. Ein besonderer Hammerbär ist auch bei den Hämmern von Morrison vermieden und zwar dadurch, dass bei ihnen das Fallgewicht hauptsächlich in die Kolbenstange verlegt wird. Zu dem Zwecke wird diese Kolbenstange nicht nur sehr dick gemacht, sondern auch von dem Kolben aus nach beiden Seiten hin verlängert, so dass sie durch die beiden Deckel des Cylinders mittelst Stopfbüchsen hindurchtritt, welche zur Geradführung des Hammers ausreichen und besondere Führungsschienen bei diesem Hammer entbehrlich machen. Die Kolbenstange trägt an ihrem unteren Ende den mit ihr aus einem Stücke geschmiedeten Hammerkopf und ist mit dem auf ihrem mittleren Teile befindlichen Kolben ebenfalls aus einem Stücke bestehend. Diese Hämmer zeichnen sich durch sehr geringe Höhe des ganzen Baues und daher grosse Stabilität desselben, sowie auch durch die freie Zugänglichkeit vor allen anderen Hämmern vorteilhaft aus; als ein Nachteil derselben ist anzuführen, dass die Stopfbüchsen, welchen allein die Führung des Hammers obliegt, der Beschädigung leicht unterworfen sind, besonders wenn die Schläge nicht genau zentrisch auf das Arbeitsstück fallen. Um diesen Uebelstand thunlichst zu verringern, sind daher die Stopfbüchsen möglichst lang zu halten, auch gibt man wohl der Kolbenstange am oberen Ende noch eine besondere Führung, wodurch indessen die ganze Höhe des Hammers wieder beträchtlich vergrössert wird. Wenn die Kolbenstange mit dem Kolben aus einem Stücke geschmiedet ist, so hat man, um sie in den Cylinder einbringen zu können, die untere Stopfbüchse zweiteilig zu machen, womit ebenfalls gewisse Nachteile verbunden sind. — Eigentümlich in mehrfacher Hinsicht ist der Daelen'sche Hammer, welcher gewissermassen den Uebergang zu den doppeltwirkenden Hämmern bildet. Die Kolbenstange ist hierbei ebenfalls sehr dick gehalten, so dass sie das eigentliche Fallgewicht bildet, indem nur an dem unteren Ende ein leichter Führungsbacken von geringer Höhe befindlich ist, welcher die Hammerbahn aufnimmt und zwischen geraden Führungslinealen geleitet wird. Der Dampfkolben hat einen solchen Durchmesser, dass der Dampfdruck gegen die untere, zwischen der Cylinderwandung und der dicken Kolbenstange verbleibende Ringfläche für die Hebung des Hammers ausreicht. Wird nun in der höchsten Lage des Hammers der unterhalb des Kolbens befindliche Dampf über den Kolben geführt, so findet bei dem Fallen des Hammers eine Expansion des Dampfes in dem Verhältnisse des unteren ringförmigen Raumes zu dem vollen Cylinderraume oberhalb statt. Da die obere Kolbenfläche grösser ist als die Ringfläche unterhalb, so wird dem Hammer bei seiner Abwärtsbewegung eine Beschleunigung durch den Ueberdruck von oben erteilt, so dass er eine der gesteigerten Geschwindigkeit entsprechende grössere Stosswirkung ausüben kann. Infolge der gedachten Expansion wird hierbei der Dampf besser ausgenützt als bei den Hämmern ohne Expansion. Ein anderer Vorteil von Bedeutung ist die geringe Höhe und grosse Stabilität der Daelen'schen Hämmer, bei denen allerdings der freie Arbeitsraum durch die seitlichen Führungen erheblich beschränkt wird. — Von den doppeltwirkenden Hämmern sind

zunächst die nach dem System Türck ausgeführten zu erwähnen, die eine dicke Kolbenstange haben und bei denen die Unterfläche des Kolbens fortwährend mit dem Dampfkessel in Verbindung steht, so dass dem Hammer stetig das Bestreben zu steigen erteilt ist, während die Abwärtsbewegung durch den Ueberdruck des Dampfes veranlasst wird, den man der über die obere grössere Kolbenfläche leitet, wobei der unter dem Kolben befindliche Dampf in den Kessel zurückgepresst wird. Diese Hämmer eignen sich besonders für Schnellhämmer mit kleinem Fallgewicht, was auch von den Hämmern des Systems Farcot gilt. Bei diesen dient das hohle Hammergestell als Behälter für niedrig gespannten Dampf (1 Atm.), welcher ebenfalls fortwährend unter den Dampfkolben treten kann, während frischer Kesseldampf von hoher Spannung über den Kolben geführt wird, wo er, durch Expansion wirkend, den Hammer niedertreibt, indem der unterhalb befindliche niedrig gespannte Dampf in das Gestell zurückgedrückt wird. — Die übrigen doppeltwirkenden Hämmer arbeiten in ähnlicher Art wie die gewöhnlichen doppeltwirkenden Dampfmaschinen, so dass frischer Kesseldampf durch die Steuerung abwechselnd unter und über den Kolben geführt wird. Diese Hämmer sind bald mit einer dünnen, bald mit einer dicken Kolbenstange ausgerüstet; sie haben unter gleichen Umständen die kleinste Hubdauer und die grösste Schlagwirkung, aber den grössten Dampfverbrauch; die Schnellhämmer sind immer doppeltwirkend. — Die Steuerung oder regelrechte Zu- und Abführung des Dampfes wird bei den grösseren Hämmern meist aus freier Hand bewirkt, wenn man auch in der Regel eine Einrichtung zur selbstthätigen Steuerung anordnet. Es geschieht dies aus dem Grunde, weil man bei dem eigentlichen Formschmieden je nach der Gestalt und den Abmessungen des Arbeitsstückes bald schwere bald leichte Schläge ausüben muss und die selbstthätige Steuerung nur anwendbar ist, wenn eine grössere Anzahl gleichmässig harter Schläge gegeben werden soll. Die Schnellhämmer arbeiten wegen der grossen Schlagzahl natürlich immer selbstthätig. — Zur Verteilung des Dampfes benützt man die gewöhnlichen Flachschieber in der Regel nur bei kleineren Abmessungen, während für grössere Kanalweiten diese Schieber entweder mit besonderer Entlastung oder als Kolben- und Röhrenschieber ausgeführt werden. Vielfach steuert man auch die Dampfhämmer mit Ventilen in der Art wie bei Dampfmaschinen. Man hat auch vorteilhaft zur Steuerung der Dampfhämmer den von Wilson konstruirten und nach ihm benannten Hahn verwendet.

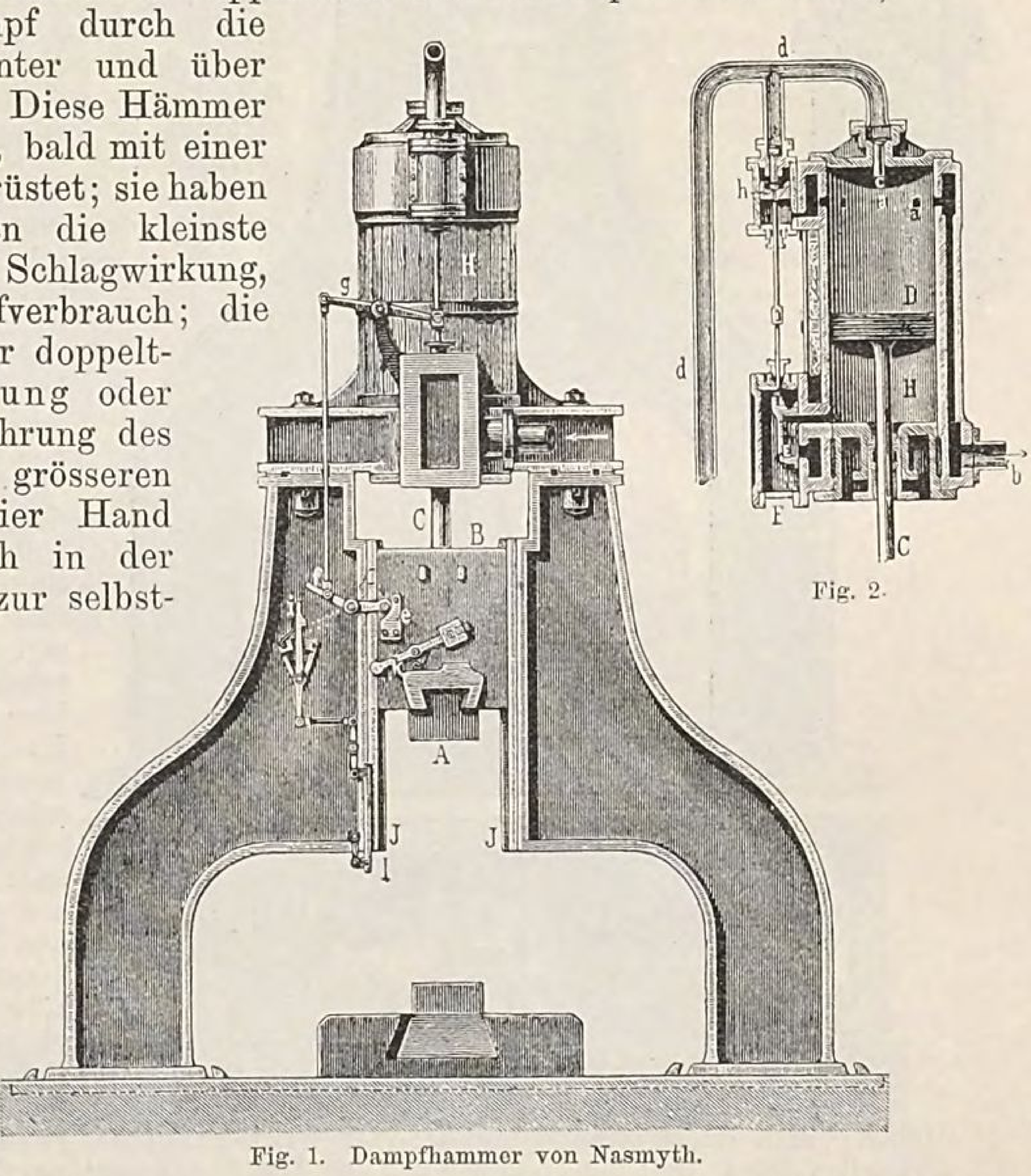


Fig. 2.

Fig. 1. Dampfhammer von Nasmyth.

Ein Dampfhammer älterer Bauart nach dem Nasmyth'schen System mit selbstthätiger Steuerung durch einen Muschelschieber ist durch die Fig. 1 und 2 dargestellt, woraus ersichtlich wird, wie der stählerne Hammerkopf A in schwalbenschwanzförmiger Verbindung mit dem gusseisernen Hammerbär B verkeilt ist, welcher mittelst der Kolbenstange C an dem Dampfkolben D hängt. Der Muschelschieber E gestattet in seiner tiefsten Stellung dem in den Schieberkasten F geleiteten Dampfe den Eintritt in den Dampfcylinder H unter den Kolben D, wodurch derselbe den an den Führungen J des Hammergestells senkrecht geführten Hammerbär B

emporhebt. Dabei ist der oberhalb des Kolbens in dem Cylinder befindlichen Luft durch die Löcher *a* in der Cylinderwandung so lange der Austritt durch das Auspuffrohr *b* ins Freie gestattet, bis diese Löcher durch den Kolben verschlossen werden, von welchem Augenblicke an die über dem Kolben befindliche Luft zusammengedrückt wird und als Prellkissen wirkend einem Gegenschlagen des Kolbens gegen den oberen Cylinderdeckel vorbeugt. Zur grösseren Sicherheit dient das kleine Ventil *c*, das von dem Kolben in seiner höchsten Stellung aufgestossen wird, so dass dem Kolben frischer Dampf aus der Dampfzuleitung *d* entgegentritt. Während der aufsteigenden Bewegung des Hammerbärs hat derselbe mittelst des Anstossknaggens *e* auf die Schieberstange durch die Hebel *f* und *g* derartig eingewirkt, dass der Schieber aus seiner tiefsten in die höchste, in Fig. 2 gezeichnete Stellung geschoben worden ist, so dass nunmehr der unter dem Kolben befindliche Dampf durch die Schieberhöhlung hindurch nach *b* gelangen und auspuffen kann. Diese Aufwärtsschiebung des Muschelschiebers erfolgt entgegen der Wirkung des auf den kleinen Steuerkolben *h* wirkenden Dampfes, welcher fortwährend das Bestreben hat, den mit ihm zusammenhängenden Schieber in die tiefste, dem Heben des Hammers entsprechende Stellung herunter zu drücken. Dies würde auch sogleich geschehen, sobald der Hammer zu fallen beginnt und der Knaggen *e* den Hebel *f* freigibt, wenn nicht durch die einschnappende Federklinke *i* der Hebel *f* in seiner Stellung festgehalten würde, sobald der Hammer den höchsten Stand erreicht hat. Infolge dessen kann nunmehr der Hammer niederfallen und derselbe wird erst dann von neuem gehoben werden, wenn die Klinke *i* ausgelöst ist, so dass der Dampfdruck auf den Steuerkolben *h* den Schieber in die tiefste Stellung herabdrücken kann. Damit diese Auslösung rechtzeitig und zwar erst nach dem erfolgten Schlage geschehe, dient der in dem Hammerbäre angebrachte Prellhebel *k*, der für gewöhnlich durch eine Feder emporgehalten wird und erst nach erfolgtem Aufschlagen des Hammers infolge des Beharrungsvermögens nach unten klappt und durch den auf die Schiene *l* ausgeübten Stoss den Klinkhebel *i* auslöst. Vermöge dieser Einrichtung wird die Hubhöhe des Hammers für alle Schläge gleich sein; man kann aber zur Erzielung verschieden harter Schläge die Einrichtung so treffen, dass der Hebel *f* sich durch eine Schraube oder sonst geeignete Vorrichtung in verschiedener Höhe feststellen lässt. Soll der Hammer mit der Hand gesteuert werden, so kann dies mittelst eines auf der Axe des Hebels *f* angebrachten Händels geschehen, wobei natürlich der Klinkhebel *i* im ausgelösten Zustande erhalten werden muss. Will man in diesem Falle den Schlag mildern, so kann man den fallenden Hammer vor vollführtem Schlage durch frischen, unter den Kolben geleiteten Dampf teilweise abfangen oder auch gänzlich schwebend erhalten. Die hier besprochene sinnreiche Einrichtung zum selbstthätigen Umsteuern ist schon von dem Erfinder des ersten Dampfhammers, Nasmyth ausgeführt, später aber vielfach wegen der nicht genügenden Einfachheit verlassen und auch bei den selbstthätig zu steuernden Hämmern durch einfachere Anordnungen ersetzt worden. — Von dem vorstehend beschriebenen älteren Hammer unterscheidet sich der in [4] dargestellte Hammer des Eisenwerkes in Neuberg nicht nur durch das aus Schmiedeeisen gebildete Hammergerüst, sondern auch durch die Steuerung, welche hierbei durch Hand mit Hilfe von Ventilen erfolgt. Dieser Hammer ist mit einem Fallgewicht von 17500 kg ausgerüstet, für welches die grösste Fallhöhe 2,68 m beträgt.

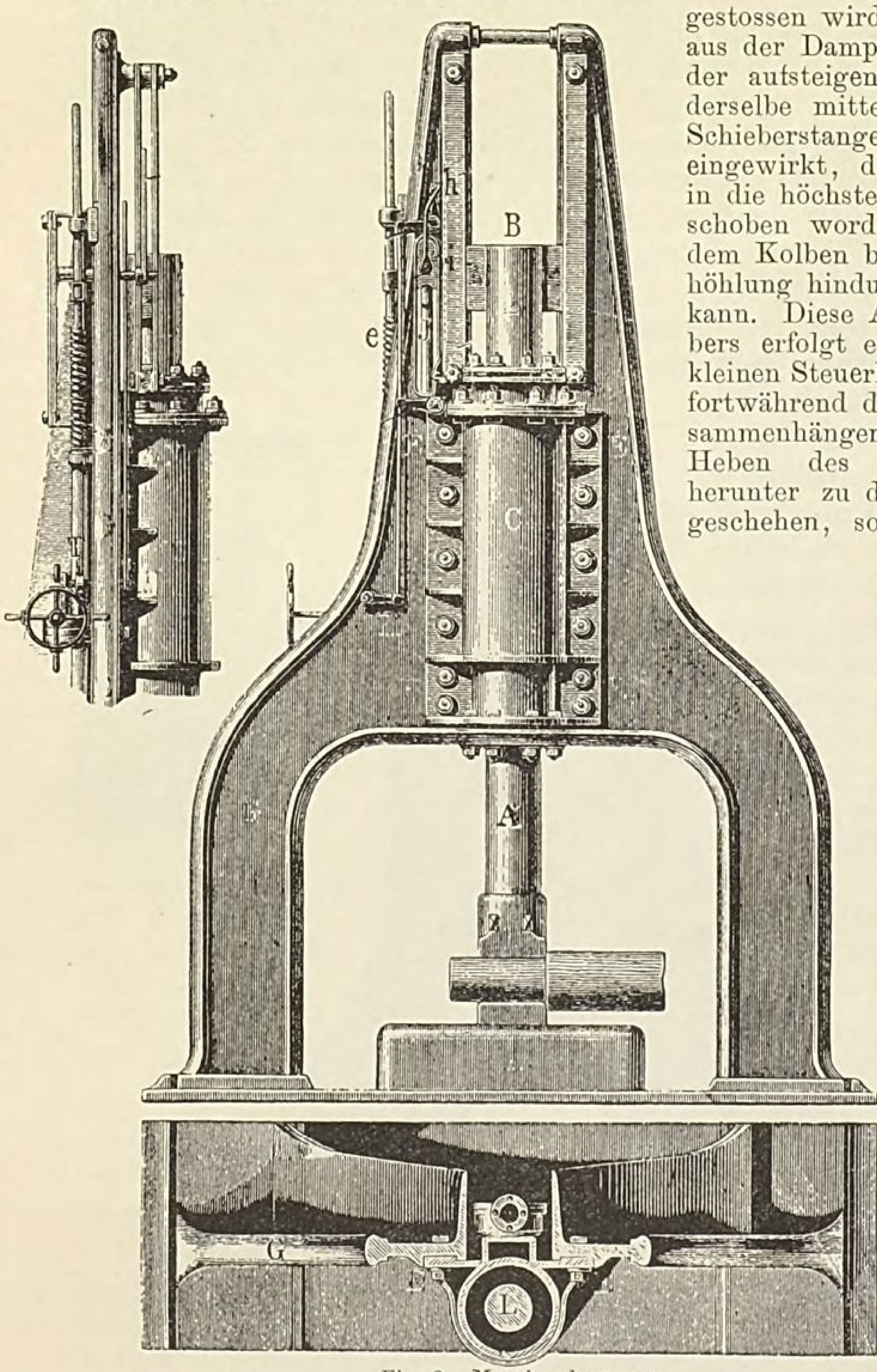


Fig. 3. Morrisonhammer.

Die Einrichtung eines älteren Morrisonhammers ist durch Fig. 3 erläutert. Die den eigentlichen Hammer bildende dicke Kolbenstange ist hierbei in den beiden Stopfbüchsen des Dampfcylinders *C* und ausserdem noch in dem auf dem oberen Ende befindlichen Querhaupt *B* geführt. Dieses Querhaupt dient gleichzeitig zur Umsteuerung, indem es in der höchsten Stellung des Hammers gegen den Hebel *h* einer Steuerwelle *i* trifft, deren Drehung das Niederdrücken

der Federstange *e* und damit den Austritt des unter dem Kolben befindlichen Dampfes veranlasst. Zur Dampfverteilung kann man hierbei ebensowohl einen Schieber wie zwei Ventile anwenden, und es ist ersichtlich, dass auch hier die Federstange in der durch das Querhaupt ihr gegebenen Stellung durch ein geeignetes Gesperre so lange erhalten werden muss, bis dieses Gesperre entweder durch die Hand des Arbeiters oder selbstthätig durch einen Prellhebel ausgelöst wird. — Ein Daelen'scher Dampfhammer ist durch Fig. 4 u. 5 erläutert, woraus ersichtlich ist, wie die dicke, unten den Hammerkopf *A* tragende Kolbenstange *B* ausser in der Stopfbüchse des Dampfcylinders *C* noch durch die Führungsschienen *D* gerade geführt wird. Zur Steuerung dient hier der Wilson'sche Hahn, dessen Einrichtung in Fig. 6 und 7 dargestellt ist. Der durch das Rohr *a* zugeführte Dampf gelangt zuerst in das Innere *b* des Hahns, aus welchem er in Fig. 5 unter den Kolben gelangen kann, während der über demselben befindliche Dampf durch das Ausblaserohr *c* entweicht. Wenn infolge dessen der aufsteigende Hammer mittelst der Rolle *d* den Steuerhebel *e* trifft, so wird der Hahn *H* durch die aus der Figur ersichtliche Stangenverbindung zunächst in die Stellung der Fig. 6 gedreht, in welcher



Fig. 6.

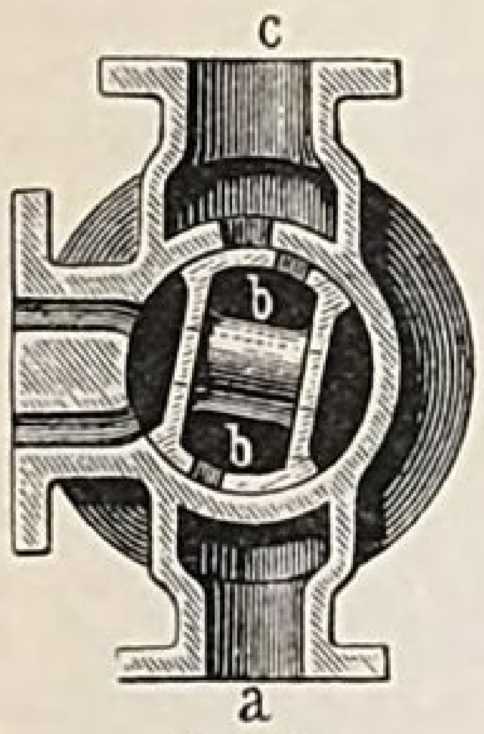


Fig. 7.

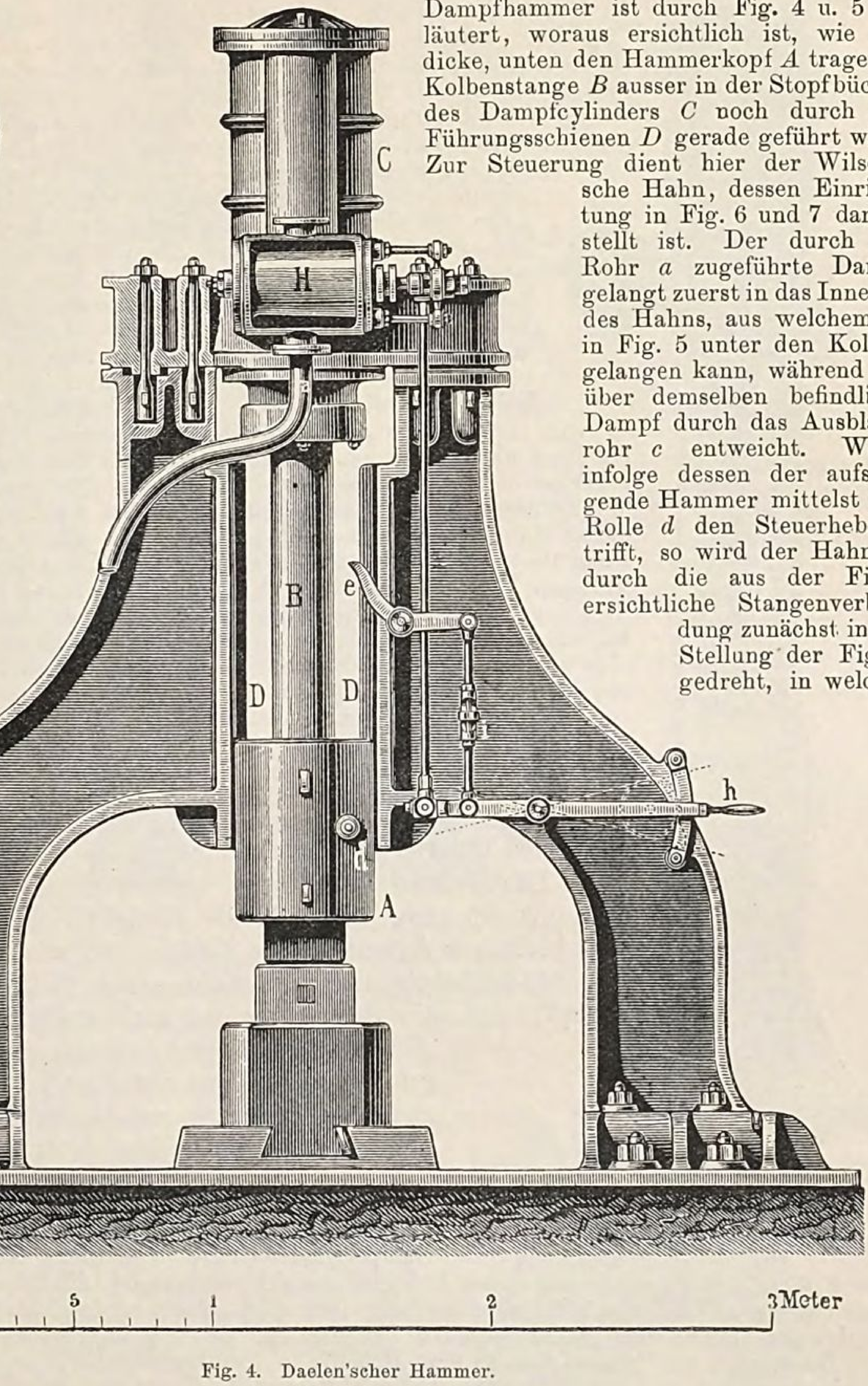


Fig. 4. Daelen'scher Hammer.

der unter dem Kolben befindliche Dampf abgesperrt ist und daher expandirt, worauf durch die weitere Drehung des Hahns in die Stellung der Figur 7 die beiden Räume über und unter dem Kolben in Verbindung gebracht werden, so dass in der gedachten Art der unter dem Kolben vorhandene Dampf in den oberen Cylinderraum expandirt, wodurch der Hammer beschleunigt und die Schlagwirkung verstärkt wird. Die Rückdrehung des Steuerungshahnes *H* behufs Einleitung des folgenden Hubes veranlasst der Hammerschmied aus freier Hand an dem Händel *h*, und auch die gänzliche Stillstellung wird mit diesem Hebel bewirkt, indem der Hahn in die mittlere Stellung, Fig. 6, gebracht wird. Durch vorzeitige Eröffnung des Kanals unter dem Kolben hat man es natürlich in der Hand, den Schlag durch Gegendampf zu mildern oder den Hammer gänzlich am Niederfallen zu verhindern; auch kann man durch Verkürzung oder Verlängerung der Verbindungsstange *i* die Stellung des Steuerhebels *e* und damit die Hubhöhe des Hammers reguliren.

Doppeltwirkende Dampfhämmer, d. h. solche, bei denen der Dampf abwechselnd auf beide Seiten des Kolbens wirkt, sind nach ihrer ersten Ausführung durch Naylor, nach welchem sie auch wohl den Namen „Naylor'sche Hämmer führen, vielfach in der verschiedensten Weise ausgeführt worden.

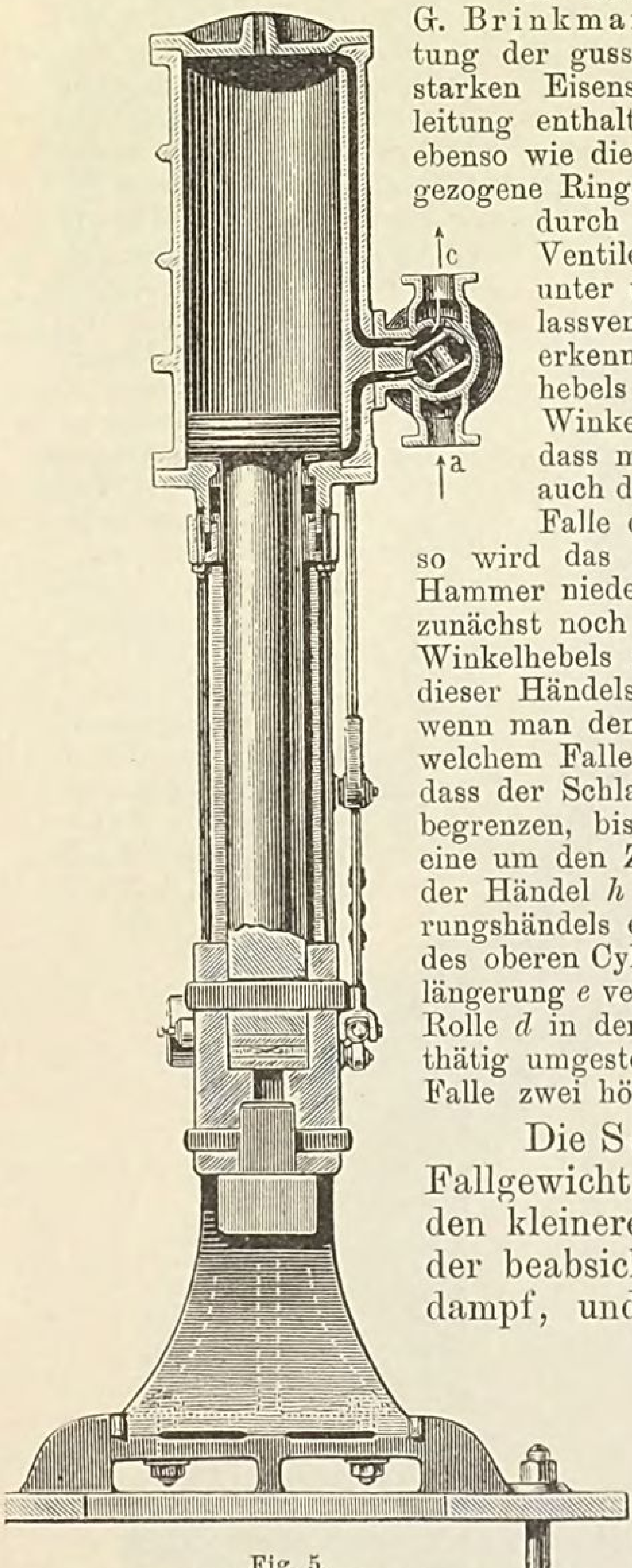


Fig. 5.
Zu Daelen'scher Hammer.

Als ein Beispiel dafür sei hier ein Hammer aus der Fabrik von G. Brinkmann & Co. in Wetter a. d. Ruhr angeführt. Die Einrichtung der gusseisernen Ständer *A*, Fig. 8, welche beiderseits durch die starken Eisenschienen *C* verankert sind und oberhalb das die Dampfleitung enthaltende Querstück *D* tragen, ist aus der Figur ersichtlich, ebenso wie die Führung des Hammerblocks *B* an den durch warm aufgezogene Ringe mit den Ständern verbundenen Führungslinealen *F*. Der durch das Absperrventil *G* zugeführte Dampf wird durch vier Ventile verteilt, von denen *Eu* und *Eo* die beiden Einlassventile unter und über dem Kolben vorstellen, während die beiden Auslassventile entsprechend mit *Au* und *Ao* bezeichnet sind. Man erkennt aus der Figur, wie durch eine Bewegung des Handhebels *h* vermittelst der beiden durch eine Schubstange gekuppelten Winkelhebel *a* und *b* die Steuerventile stets so bewegt werden, dass mit der Hebung des unteren Einlassventils *Eu* gleichzeitig auch das obere Auslassventil *Ao* geöffnet wird, so dass in diesem Falle der Kolben aufsteigt. Wird der Händel *h* niedergedrückt, so wird das untere Auslassventil *Au* zunächst geöffnet, so dass der Hammer niederfallen kann. Hierbei verbleibt das obere Einlassventil *Eo* zunächst noch geschlossen, was durch den Spielraum des zugehörigen Winkelhebels in der Ventilstange veranlasst wird. Es wirkt daher bei dieser Händelstellung kein Oberdampf; dies findet vielmehr erst statt, wenn man den Händel bis in seine tiefste Lage herabgedreht hat, in welchem Falle der Oberdampf mit voller Kraft zur Wirkung kommt, so dass der Schlag mit der grössten Heftigkeit erfolgt. Um die Tiefe zu begrenzen, bis zu welcher man den Händel niederdrücken kann, dient eine um den Zapfen *c* drehbare exzentrische Scheibe, auf deren Umfang der Händel *h* aufschlägt. Um bei unachtsamer Handhabung des Steuerungshändels ein zu hohes Aufsteigen des Kolbens und Herausschlagen des oberen Cylinderdeckels zu verhüten, ist der Steuerhebel mit der Verlängerung *e* versehen, gegen welche der aufsteigende Hammerblock mit der Rolle *d* in der höchsten Stellung trifft, so dass dann der Hammer selbstthätig umgesteuert wird; auch dienen zu mehrfacher Sicherheit in diesem Falle zwei hölzerne Prellbacken *f*, gegen die der Hammerbär anstösst.

Die Schnellhämmer werden immer nur mit geringem Fallgewicht ausgeführt, da sie vornehmlich zum Formschmieden kleinerer Arbeitsstücke dienen; sie wirken zur Erzielung der beabsichtigten grossen Schlagzahl fast immer mit Oberdampf, und die Steuerung ist stets selbstthätig. Von den vielen bekannt gewordenen Ausführungen mag im folgenden nur der durch Fig. 9 und 10 dargestellte Hammer von G. Brinkmann & Co. in Wetter a. d. Ruhr besprochen werden.

Wie aus den Figuren ersichtlich, wird der Hammer durch ein einständriges Gerüst unterstützt, welches seitlich die Geradführung für den Bär und oberhalb den Dampfcylinder trägt. Die dicke Kolbenstange ist mit dem Kolben und dem Bär aus einem Stück Gussstahl geschmiedet, die Steuerung wird mittelst eines entlasteten Kolbenschiebers selbstthätig von dem Hammer bewirkt. Zu dem Ende ist um den am Hammerbär festen Bolzen *a* drehbar der Hebel *b* angebracht, welcher sich bei der Bewegung des Bärs durch die Schleife *c* hindurchschiebt, wodurch dieselbe in Schwingung um ihren am Gestelle festen Drehpunkt *d* versetzt wird. Aus der Fig. 9 ist ersichtlich, wie mittelst der Schubstange *e* und des doppelarmigen Hebels *f* die Schieberstange *g* durch den aufsteigenden Bär emporgezogen wird, so dass der dadurch bewegte Kolbenschieber dem unter dem Dampfkolben befindlichen Dampfe den Austritt nach dem Auspuffrohre gestattet, um den Hammer durch sein Eigengewicht fallen zu lassen. In diesem Falle, welcher einer nur geringen Erhebung des Steuerungsschiebers entspricht, arbeitet der Hammer ohne Oberdampf mit nur geringer Geschwindigkeit und Schlagstärke. Wenn man jedoch den Hub des Steuerungsschiebers vergrössert, so erhält der frische Kesseldampf Zutritt zu dem Raume über dem Kolben, und man erzielt infolge der Oberdampfwirkung entsprechend verstärkte Schläge. Diese Veränderung der Hubhöhe des Steuerungsschiebers lässt sich jederzeit auch während der Bewegung des Hammers durch Handhabung des Stellhebels *h*, Fig. 10, bewirken, durch dessen Verstellung die Lage des Drehpunktes vom Steuerhebel *f* verändert wird. Wenn man den Stellhebel *h* in einem der Einschnitte der Schiene *i* feststellt, so arbeitet der Hammer gleichmässig mit einer der gewählten Stellung von *h*

entsprechenden Schlagstärke. Der Handhebel *k* dient zur Regulirung des Dampfzulassventils *l*, die Röhrchen *o* führen das Kondensationswasser ab. — Die Einrichtung eines Schwartzkopf'schen Schnellhammers ist aus Fig. 11 ersichtlich; dieser Hammer soll mit 400—800 (?) Schlägen in der Minute arbeiten. Eigentümlich ist die Unterstützung des Ambosses *a* durch einen hydraulischen Kolben *b*, der dadurch entsprechend höher oder tiefer gestellt werden kann, dass man den Plunger *c* mittelst des Stellhebels *d* verstellt.

Abweichend von den vorstehend besprochenen Konstruktionen hat man Dampfhämmer zur Verringerung der ganzen Höhe auch mit zwei gleich grossen Dampfcylindern ausgeführt, zwischen denen der Fallblock auf- und niedersteigt. Bei dem Hammer von Voisin sind dabei die Kolbenstangen der beiden Dampfcylinder oberhalb der letzteren durch ein Querhaupt verbunden, an welchem der zwischen den Cylindern geführte Fallblock hängt. Dagegen ist der zweicylindrige Hammer von Thwaites & Carbutt in Bradford in der Art ausgeführt, dass die beiden Dampfcylinder, welche direkt mit dem zwischen ihnen befindlichen Fallblocke vereinigt sind, sich an festen Plungern emporschieben, sobald der Dampf über diese Plunger geführt wird, so dass er gegen die Cylinderdeckel drücken kann. Diese Hämmer haben in Deutschland weniger Verbreitung gefunden. Dasselbe gilt auch von den verschiedentlich vorgeschlagenen horizontalen Dampfhämmern, bei denen die Schmiedewirkung durch zwei gleich grosse Massen ausgeübt wird, die mit Rollen auf einer wagrechten Bahn gegen einander und gegen das zwischen ihnen befindliche Schmiedestück durch den Druck des Dampfes gegen Dampfkolben gepresst werden. In Betreff der Ausführung der Dampfhämmer ist zu bemerken, dass die Gerüste oder Gestelle derselben möglichst massiv und gedrungen herzustellen sind, so dass sie nicht nur die nötige Sicherheit gegen Bruch gewähren, sondern auch vermöge ihrer bedeutenden Masse im stande sind, die Erschütterungen und Stösse wirksam aufzunehmen, denen sie während der Arbeit ausgesetzt werden. Für grössere Hämmer wählt man

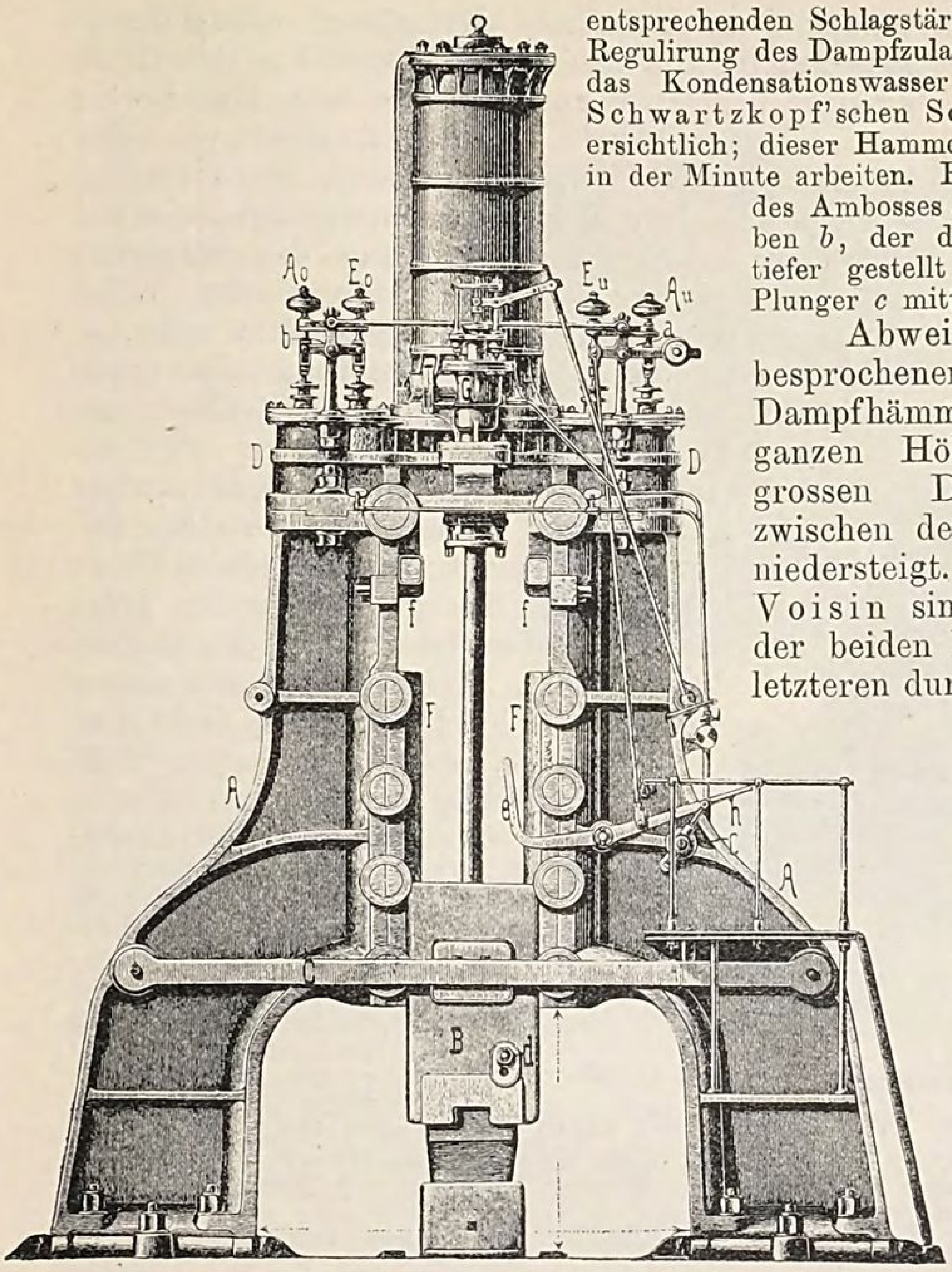


Fig. 8. Hammer von Brinkmann & Co.

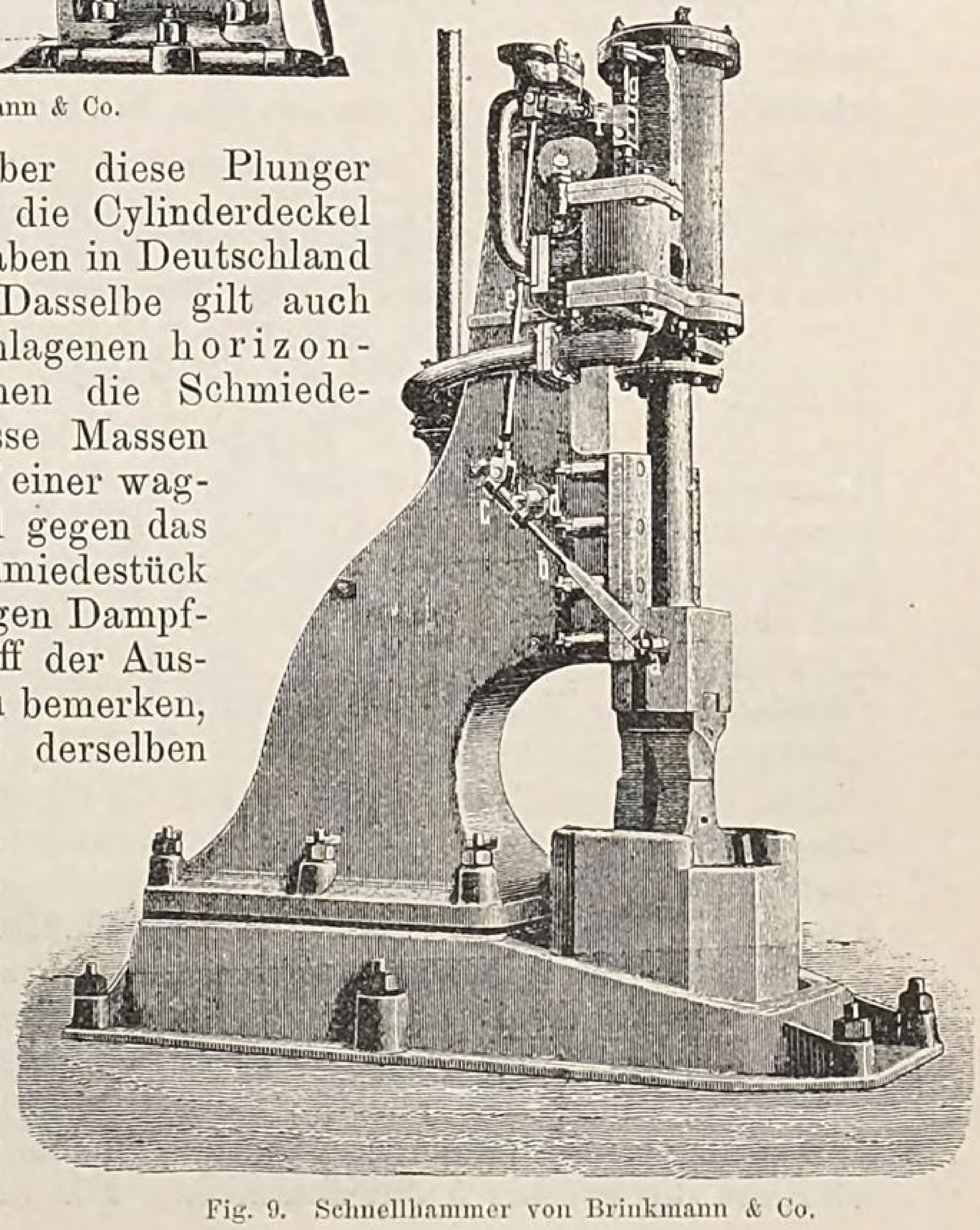


Fig. 9. Schnellhammer von Brinkmann & Co.

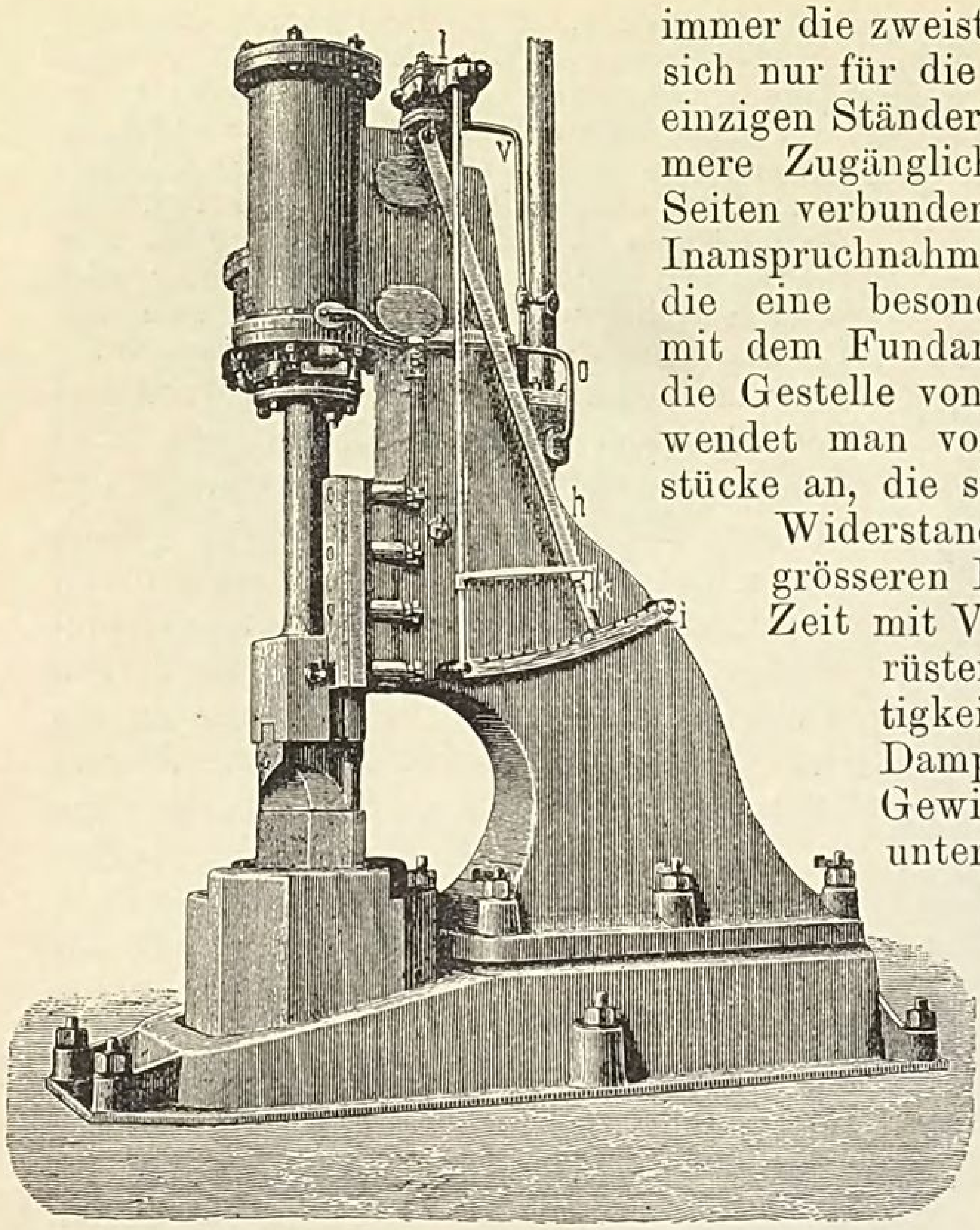


Fig. 10. Schnellhammer von Brinkmann & Co.

immer die zweiständrige Gerüstform, während man sich nur für die kleineren Fallgewichte mit einem einzigen Ständer begnügt, womit zwar eine bequemere Zugänglichkeit zu dem Amboss von drei Seiten verbunden ist, indessen auch eine einseitige Inanspruchnahme in Kauf genommen werden muss, die eine besondere Verankerung des Hammers mit dem Fundamente hierbei nötig macht. Wenn die Gestelle von Gusseisen hergestellt werden, so wendet man vorteilhaft kastenförmige Hohlgussstücke an, die sich durch besondere Steifheit und Widerstandsfähigkeit auszeichnen. Für die grösseren Hämmer wird indessen in neuerer Zeit mit Vorliebe Schmiedeeisen zu den Gerüsten verwendet. Von besonderer Wichtigkeit für die gute Wirkung jedes Dampfhammers ist ein möglichst grosses Gewicht des Ambosses und des diesen unterstützenden Untersatzes, der Chabotte, sowie eine vorzügliche Fundirung der letzteren.

Die auf die beabsichtigte Formgebung wirkende Arbeit des Hammers ist um so grösser, je bedeutender die gestossene Masse des Ambosses und der Chabotte ist, denn diese auf die Formänderung wirkende und für das Schmieden allein nützliche Arbeit drückt sich durch $E_1 = G\frac{v^2}{2g}\frac{A}{A+G} = E\frac{A}{A+G}$ aus, wenn G das Fallgewicht des Hammers und der damit verbundenen Teile wie Kolben, Kolbenstange u. s. w. und A dasjenige des Ambosses nebst Chabotte etc., sowie v die Geschwindigkeit des aufschlagenden Hammers und $g = 9{,}81$ m die Beschleunigung der Schwere vorstellt, so dass $E = G\frac{v^2}{2g}$ die in dem Hammer im Augenblicke des Stosses enthaltene Energie bedeutet. Andererseits ist die in den Massen nach dem Stosse verbleibende Energie $E_2 = E - E_1 = E\frac{G}{A+G}$, welche hauptsächlich auf Erschütterungen der Fundamente und Gebäulichkeiten wirkt, um so kleiner, je grösser die gestossene Masse des Ambosses ist. Aus diesem Grunde macht man immer das Gewicht des Ambosses und der Chabotte vielmals grösser als das des Fallblockes mit dem Hammer.

Nach Hauer soll man bei Hämmern ohne Oberdampf das Gewicht der Chabotte zu $4 \cdot G \cdot H$ bis $5 \cdot G \cdot H$ annehmen, wenn H die Hubhöhe des Hammers in Metern bedeutet. Bei Hämmern mit Oberdampf wäre dieses Gewicht in dem Masse grösser zu wählen, in welchem die lebendige Kraft E des Hammers durch die Wirkung des Oberdampfes vermehrt wird, und beim Schmieden von Stahl soll die Chabotte um die Hälfte schwerer gemacht werden als bei dem Schmieden von Eisen. Man stellte wohl früher die Hammerständer ebenfalls auf die Chabotte und erreichte damit eine Vergrösserung der die Stosswirkung aufnehmenden Masse, doch ist man hiervon neuerdings meistens abgekommen, weil mit dieser Anordnung schädliche Stösse und Erschütterungen des Hammergerüstes verbunden sind, zu deren Vermeidung man es vorzieht, das Gerüst und die Chabotte auf gesonderte, von einander vollständig isolirte Fundamente zu stellen. Die Herstellung des Fundamentes für die Chabotte erfordert die grösste Aufmerksamkeit. Für die

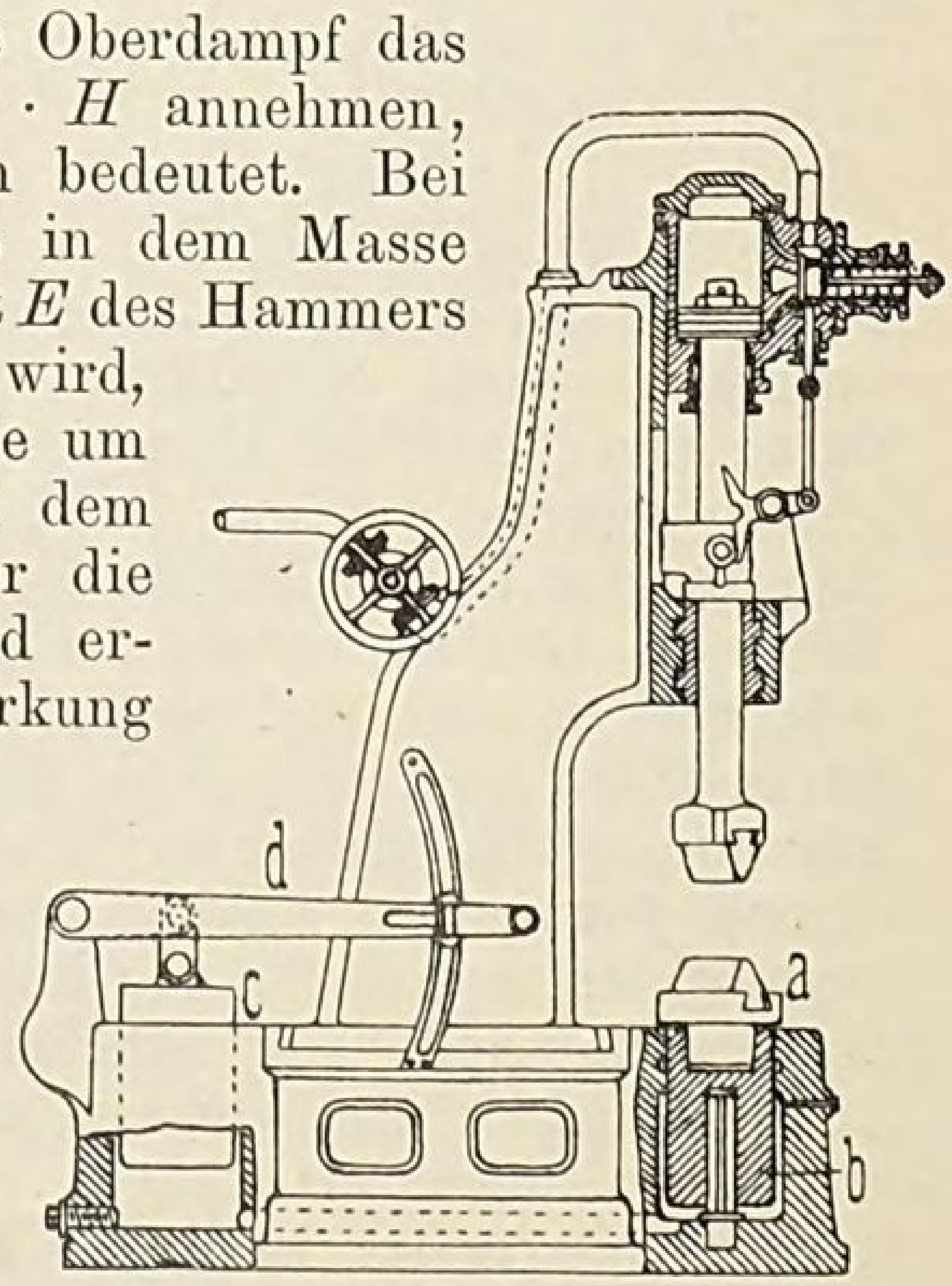


Fig. 11. Schnellhammer von Schwartzkopf.

bestmögliche Ausnützung der in dem Hammer enthaltenen lebendigen Kraft, für die eigentliche Schmiedearbeit wäre es am besten, das Fundament aus einem möglichst starren und nicht nachgiebigen Material wie Mauerwerk herzustellen; da ein solches aber erfahrungsgemäss den wiederholten starken Erschütterungen nicht zu widerstehen vermag, so stellt man die Chabotte in der Regel auf eine Holzunterlage. Vormals bediente man sich hierzu meistens einer mehr oder weniger grossen Anzahl von kreuzweise übereinander gelegten Lagen starker Holzbalken;

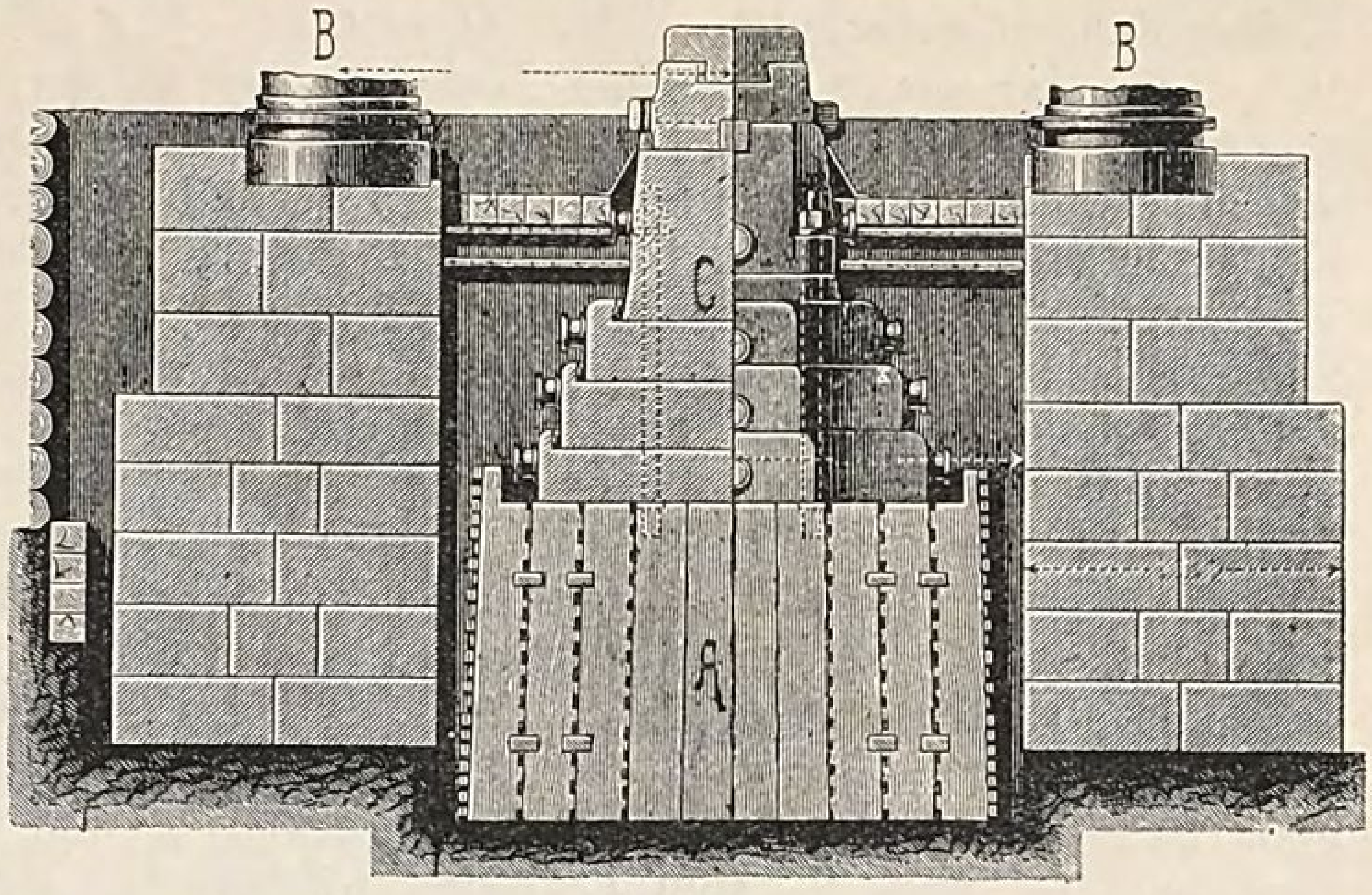


Fig. 12.

da dieselben aber wegen zu grosser Durchfederung den Schmiedeeffekt zu sehr schwächten, so setzt man die Chabotte jetzt meistens auf die Hirnenden einer Anzahl starker hölzerner Stiele, die genau gegen einander gearbeitet und in konzentrischen Lagen durch starke eiserne Ringe zu einem senkrechten Chabottenstocke verbunden werden.

Aus der Fig. 12, welche die Fundirung des 17 500 kg schweren Neuberger Hammers vorstellt, ist diese Art der Unterstützung zu ersehen. Die 170 000 kg schwere Chabotte *C* ist aus vier einzelnen mit einander verkeilten Gussstücken zusammengesetzt und ruht auf dem Chabottenstocke *A*, der aus starken Eichenhölzern von etwa 3 m Höhe gebildet ist, die durch schmiedeeiserne Ringe mit einander verbunden sind. Die das Hammergerüst tragenden schmiedeeisernen Säulen *B* ruhen auf einem starken, aus Quadern hergestellten, von dem Chabottenstocke vollkommen isolirten Mauerblocke.

Man hat übrigens auch zur Vermeidung des hölzernen Chabottenstockes den Amboss auf einen künstlich hergestellten Steinblock gestellt, der aus einem eisernen, mit Betonmasse ausgegossenen Blechkessel gebildet wurde; doch scheinen derartige Fundamente von Dampfhämmern eine weitere Verbreitung nicht gefunden zu haben.

In Betreff der Abmessungen sind die Dampfhämmer, was die Grösse des Fallgewichtes, der Hubhöhe und der minutlichen Schlagzahl anbetrifft, je nach dem beabsichtigten Zwecke sehr verschieden, indem das Fallgewicht bei den kleinsten Hämmern nur etwa 50 kg bei 150—200 mm Hubhöhe beträgt, während der grosse Hammer von Krupp ein Fallgewicht von 50 000 kg und eine Hubhöhe von 3,2 m aufweist. Der grosse Hammer der Bethlehem Iron Co. (Pa.) hat sogar ein Fallgewicht von 113,4 t und eine Hubhöhe von 3,34 m (s. Zeitschr. d. Ver. deutscher Ingen. 1893, S. 1180). Für das ungefähre Verhältnis von Fallgewicht G und Hubhöhe H gibt v. Hauer die empirische Formel $H = 0{,}026 \sqrt{G}$ und für die bei verschiedenen Hämmern angemessenen Verhältnisse kann die folgende, von Ledebur angegebene Tabelle zum Anhalt dienen:

	Fallgewicht kg	Hubhöhe mm	Schlagzahl pro Min.
In Schmiedewerkstätten, für kleine Gegenstände . .	50—500	150—600	200—400
für grössere Gegenstände .	500—1000	600—1000	100—200
In Puddelwerken zum Verdichten der Luppen . .	1500—2500	1000—1500	80—100
In Eisenwalzwerken zum Schweissen und Verdichten			
für mittlere Gegenstände	2500—5000	1250—1800	80—100
für grössere Gegenstände (Brammenhämmer).	5000—10000	1500—2400	60—80
In Bessemerwerken und Gussstahlfabriken			
für mittlere Gegenstände .	10000—20000	2000—3000	60—80
für grössere Blöcke . . .	20000—50000	3000—3200	60

Berechnung der Dampfhämmer (nach Grashof, Resultate d. Mech. Wärmetheorie, Heidelberg 1870). Es sei: G das Gewicht des Hammers nebst

Kolben und Kolbenstange in kg, H die Hubhöhe des Hammers in m, O der Querschnitt des Dampfcylinders in qm, $f_1 O$ und $f_2 O$ der untere und obere Kolbenstangenquerschnitt, daher $O_1 = O\,(1 - f_1)$ die untere und $O_2 = k\,O_1 = O(1 - f_2)$ die obere wirksame Kolbenfläche in qm, p_1 die mittlere Dampfspannung (absolute) während der Einströmung in kg pro qcm, $P = O_1\,(p_1 - 1) = mG$ der den Hammer anhebende Dampfüberdruck, $\varrho_1 G$ der mittlere Widerstand beim Kolbenaufgang, herrührend von der Kolbenreibung und dem Gegendruck des Vorderdampfes, $\varrho_2 G$ der mittlere Widerstand beim Niederfallen, $h_1 = i_1 H$ die Höhe, bis zu welcher beim Heben der Dampf einströmt, $h_2 = i_2 H$ der Weg, auf welchem beim Niedergang Dampf einströmt, $L = \lambda G H$ die lebendige Kraft, mit welcher der Hammer den Amboss trifft, z die Maximalzahl der Schläge in der Minute, γ_1 das Gewicht des einströmenden Dampfes in kg pro cbm und D der für einen Schlag erforderliche Dampfverbrauch in kg ohne Rücksicht auf die schädlichen Räume. — Man kann die Hubhöhe etwa durch $H = 0{,}025\,\sqrt{G}$ bestimmen und wählt den Durchmesser der Kolbenstange, wenn sie dick ist, zu $^1/_2$ bis $^5/_8$ vom Cylinderdurchmesser und, wenn sie dünn ist, beim Schmieden von Eisen zwischen $^1/_{12}$ und $^1/_6$ und beim Schmieden von Stahl zwischen $^1/_{10}$ und $^1/_5$ vom Cylinderdurchmesser, wenn der Hammer einfach wirkend ist; bei Anwendung von Oberdampf macht man die Kolbenstange entsprechend 25 % stärker. — Die Grösse m oder das Verhältnis des anhebenden Dampfüberdruckes P zu dem Hammergewichte G soll man nach S t ü h l e n zu 5—6 für Schnellhämmer bis zu 150 kg Fallgewicht und 300—400 Schlägen in der Minute, und zu $m = 4$—5 für 150—500 kg Fallgewicht und 150—300 Schlägen annehmen. Im übrigen kann man für Dampfhämmer von: 500 bis 1250 kg $m = 2{,}5$—3; 1250—2500 kg $m = 2$—2,5; 2500—5000 kg $m = 1{,}75$—2 und 5000—10 000 kg $m = 1{,}5$—1,75 setzen. Für den Cylinderquerschnitt hat man $O = \frac{m\,G}{(1 - f_1)\,(p_1 - 1)}$ und $z\sqrt{H} = \frac{132{,}88}{\sqrt{\frac{1}{i_1 \mu}} + \sqrt{\frac{1}{\lambda}}}$ für die Schlagzahl z in der Minute, worin $\mu = m - 1 - \varrho_1$ zu setzen ist. — Im Besondern erhält man für:

a) Einfach wirkende Dampfhämmer (Nasmyth): $i_1 = \frac{1 + \varrho_1}{m}$; $\lambda = 1 - \varrho_2$ und wenn man im Mittel $\varrho_1 = 0{,}05$; $\varrho_2 = 0{,}1$, also $\lambda = 0{,}9$ annimmt:

$m =$	1,5	2	2,5	3
$i_1 =$	0,7	0,525	0,42	0,35
$z\sqrt{H} =$	46,9	53,8	56,9	58,7

b) Doppelt wirkende Dampfhämmer mit frischem Oberdampf während des ganzen Kolbenniederganges ($i_2 = 1$) $i_1 = \frac{1 + \varrho_1 + km}{(1 + k)\,m}$; $\lambda = 1 - \varrho_2 + km$. Nimmt man im besondern $k = 1$, $\varrho_1 = 0{,}05$ und $\varrho_2 = 0{,}15$ an, so erhält man für

$m =$	3	4	5	6
$i_1 =$	0,675	0,631	0,605	0,587
$\lambda =$	3,85	4,85	5,85	6,85
$z\sqrt{H} =$	96,2	111,8	125,3	137,2

c) Daelen'scher Hammer. Wenn hier über dem Kolben in seiner höchsten Lage noch ein Raum $e\,O_1 H$ verbleibt, so kann die Spannung p_2 bei dieser höchsten Lage annähernd gleich derjenigen von gesättigtem Wasserdampf angenommen werden, dessen Gewicht in kg pro cbm durch $\gamma_2 = \frac{i_1\gamma_1 + [(1 - i_1)\,k + e]\,\gamma_0}{1 + e}$ ausgedrückt ist, unter γ_0 das Gewicht von 1 cbm gesättigten Dampfes von 1 Atm verstanden.

Man hat alsdann $m = \frac{1 + \varrho_1}{i_1 - \frac{\lambda_1 p_2 - k + 1}{p_1 - 1}}$ und $\lambda = 1 - \varrho_2 + m\,\frac{\lambda_2 p_2 - k + 1}{p_1 - 1}$.

Hierin bestimmen sich die Werte λ_1 und λ_2 durch die Formeln:

$$\lambda_1 = \frac{1 + e}{n - 1}\left[1 - \left(\frac{i + e}{i_1 + (1 - i_1)\,k + e}\right)^{n-1}\right] \text{ und } \lambda_2 = \frac{1 + e}{n - 1}\left[1 - \left(\frac{1 + e}{k + e}\right)^{n-1}\right],$$

wenn vorausgesetzt wird, dass der Dampfdruck sich bei der Expansion umgekehrt proportional mit der nten Potenz des Volumens ändere.

Man erhält mit $e = 0,1$; $i_1 = 0,7$; $k = 1,5$, $\varrho_1 = 0,08$, $\varrho_2 = 0,12$ und $n = 1,13$ für

$p =$	3	4	5	6 kg pro qcm
$m =$	1,381	1,489	1,548	1,587
$\lambda =$	1,204	1,239	1,258	1,268
$z\sqrt{H} =$	43,0	48,0	50,4	51,8

Litteratur: Die Theorie der Dampfhämmer findet man in: [1] Weisbach, Ing.- u. Masch.-Mechanik, 3. Teil, Braunschweig. — [2] v. Hauer, Die Hüttenwesensmaschinen, Wien 1867. — [3] Redtenbacher, Resultate f d. Maschinenbau, 6. Aufl. von Grashof, Heidelberg 1875. Eine Zusammenstellung der verschiedenen Dampfhämmer, Beschreibung und Theorie gibt das Werk: [4] Dampfhämmer von O. Killer, A. Riedler und L. Seeberg, Graz 1871, mit Atlas von 24 Tafeln. Ferner sind die Dampfhämmer behandelt in [5] Ledebur, Die Verarbeitung der Metalle, Braunschweig 1877. Einzelne Mitteilungen finden sich vielfach in der Zeitschr. d. Ver. deutscher Ing., in Dinglers polyt. Journ., Wiebes Skizzenbuch, der Oesterr. Ing.- u. Arch.-Ztg. und fast in allen technischen Zeitschriften. *Herrmann.*

Dampfhaspel, s. Schachtförderung.

Dampfheizung, s. Heizung geschlossener Räume. — Dampfheizung auf Schiffen hat sich auf Passagierdampfern und Kriegsschiffen in neuerer Zeit allgemein eingebürgert. Sie bietet nicht allein eine Annehmlichkeit für den Bordbewohner, sondern ist auch für die Erhaltung der Maschinen und Schiffskessel zweckmässig. Die Dampfheizung erfolgt von den Schiffskesseln oder vom Hilfskessel aus mittelst dünner kupferner Dampfröhren, welche den Dampf zu den Heizkörpern und einer Kondenswasserleitung, welche das Kondenswasser zu der Zisterne und den Kondenstöpfen führen. Die Heizkörper bestehen aus gezogenen kupfernen Schlangenrohren. Die Dampfheizung arbeitet mit einer Dampfspannung bis zu 2 Atm., regulirt durch ein Druckreduktionsventil. Die Grösse der Heizkörper richtet sich ausser nach der Grösse der Räume im besonderen darnach, ob dieselben an der Aussenhaut liegen und mit Holz verschalt sind. Sie sind so bemessen, dass man bei strengem Winter eine Wärme von 10—15° C. erreichen kann. Im Maschinen- und Heizraum genügt eine Temperatur von 5° C. *Tj. Schwarz.*

Dampfholzschliff, auch Brauner Holzschliff genannt, eine in der Papierfabrikation, namentlich zur Herstellung von braunem Packpapier, dem sogen. Lederpapier oder Lignitpapier, verwendete, aus zerfasertem, gedämpftem Holze bestehende Masse, welche in der Weise hergestellt wird, dass man durch Dämpfen unter einem Druck von 4—6 Atm. in 8—14 Stunden in einem gewöhnlich stehenden Kessel und durch darauffolgendes Kochen das Lignin vollkommen löst und entfernt und demzufolge mittelst des nun folgenden Zerfaserns des Holzes weiche, biegsame, leicht verfilzbare Holzfasern erhält, welche für sich ohne Beimengung von Hadernzeug zur Herstellung eines Papieres geeignet sind. Da das so gedämpfte Holz braune Holzfasern liefert, wird das Zeug auch braunes Holzzeug, das daraus hergestellte Papier infolge seiner Farbe Lederpapier genannt. Da sich in den Kochern auch Ameisensäure bildet, müssen diese im Innern mit einem gewöhnlich aus Kupfer bestehenden Ueberzuge versehen werden. Die Konstruktion der Kocher ist überhaupt der wichtigste und schwierigste Teil des Betriebes, da die Anwendung des gegen chemische Einflüsse widerstandsfähigeren Gusseisens wegen der hohen Innenspannung nur unter besonderen Sicherheitsmassregeln zulässig ist. Als Rohmaterial wird Fichten- und Kiefernholz verwendet, welches in vielen Fällen zuerst gedämpft, dann zu Würfeln zerschnitten, in Kollermühlen zerkleinert und endlich im Raffineur verfeinert wird. Je nachdem die Zeit des Dämpfens geändert wird, zeigt auch der Stoff verschiedene Nuancen von Braun. S. auch Holzzeug.

Litteratur: Dropisch, B., Holzstoff und Holzcellulose, 1877, S. 67. — Hoyer, E. v., Die Fabrikation des Papiers, Braunschweig 1887, S. 181. *Maxim. Kraft.*

Dampfindikator (Dampfmesser, Spannungsmesser), s. Indikator.

Dampfjacke, s. v. w. Dampfmantel (s. d.).

Dampfkalomel, s. Quecksilber.

Dampfkessel. Die Dampfkessel dienen zur Erzeugung von Betriebs- oder Heizdampf. Je nach dem Verhältnis des Wasserraumes zum Dampfraume unterscheidet man Gross- und Klein-Wasserraumkessel. Das im Kessel befindliche Wasservolumen ermöglicht eine Ausgleichung der unvermeidlichen Schwankungen der Dampfentnahme. Die für die Berechnung und Konstruktion massgebenden

Gesichtspunkte sind: Richtiges Verhältnis zwischen Wasser und Dampfraum, rationelle Ausnützung der Feuergase, dauerhafte Konstruktion, möglichste Vermeidung der Ablagerung kesselsteinbildender Substanzen, bequeme innere und äussere Reinigung, möglichst hohe Dampferzeugung mit geringstem Aufwand von Brennmaterial und Bedienungsarbeit, einfache und leichte Reparatur. Eine Kesselanlage muss den örtlichen Verhältnissen hinsichtlich der Eigenschaften des Brennmaterials und des Speisewassers angepasst werden; ausserdem nimmt die erforderliche Betriebsdampfspannung massgebenden Einfluss auf die Wahl des Kesselsystems. Bei den für den Maschinenbetrieb verwendeten Kesseln kommen in Anwendung Walzenkessel, Siederohrkessel, Flammrohrkessel, Rauch- und Wasserröhrenkessel. Nach ihrer Heizung unterscheidet man Kessel mit direkter Heizung (Innenfeuerung) und mit indirekter (Unter- oder Vorfeuerung).

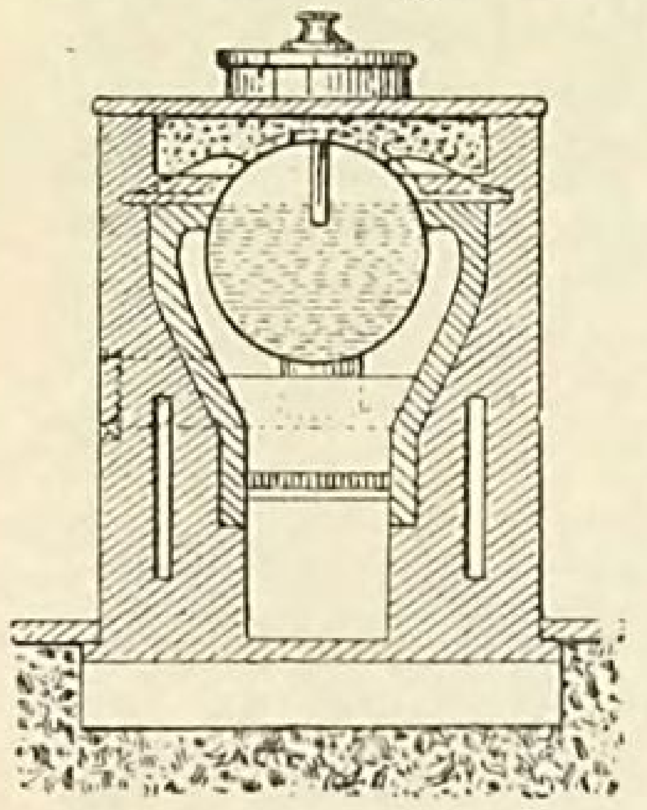


Fig. 1. Walzenkessel.

Walzenkessel oder Watt'scher Kessel (Fig. 1) ist ein einfacher Cylinderkessel mit Unterfeuerung und einfachem Feuerzug. Derselbe ist nur für sehr kleine Kesselanlagen verwendbar; die Heizfläche und Heizgasausnützung ist zu gering.

Siederkessel oder Bouilleurkessel sind Walzenkessel in Verbindung mit Unterkesseln. Die Feuerung liegt entweder unter den Unterkesseln (übliche Ausführung in Frankreich) oder unter dem Walzenkessel (in Deutschland allgemein übliche Anordnung), während die Unterkessel von den abgehenden

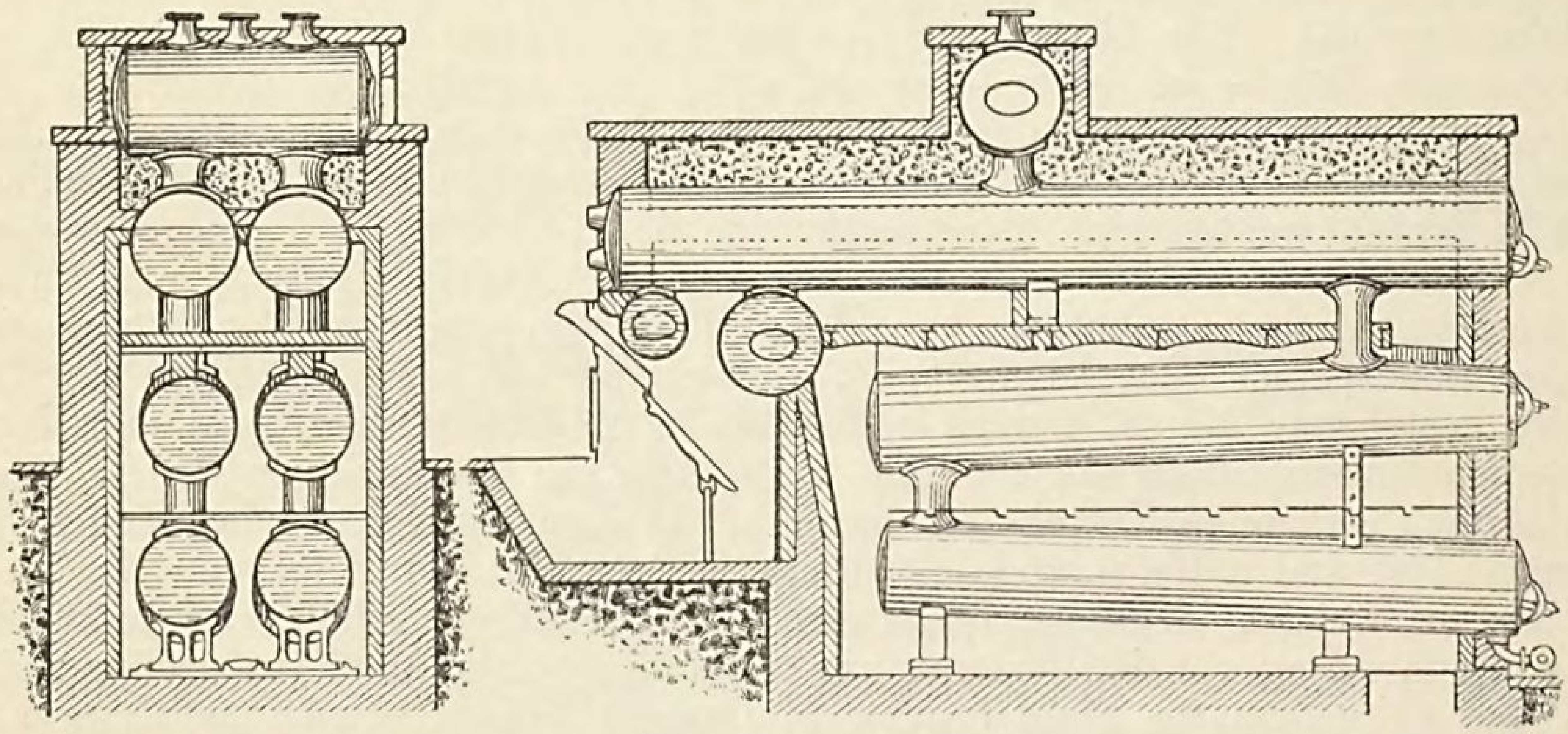


Fig. 2. Batteriekessel.

Heizgasen bestrichen werden. Fig. 2 zeigt die Anordnung eines sogenannten Batteriekessels, bei dem zwei Walzenkessel mit Vorwärmern zu einer gemeinschaftlichen Kesselanlage verbunden sind. Die Speisung erfolgt nicht selten in die untersten Vorwärmer, so dass sich die Wärmeübertragung der Heizgase nach dem Gegenstromprinzip vollzieht; hierbei entsteht aber leicht starke Korrosion der Aussenfläche des letzten Vorwärmers durch Niederschlagen der in den Heizgasen enthaltenen Wasserdämpfe an den kalten Kesselwänden.

Die Walzenkesselbatterien eignen sich für grosse Heizflächen und infolge ihres grossen Wasseraums besonders für wechselnden Betrieb. Die mit Vor- oder Unterfeuerung verbundene starker Erwärmung des Kesselmauerwerks hat grosse Wärmeverluste zur Folge und damit Beeinträchtigung der wirtschaftlichen Ausnützung des Brennmaterials. Es hat dagegen die Vorteile der Einfachheit und Billigkeit, leichten Reinigung und Reparatur.

Flammrohrkessel. Dieselben sind englischen Ursprungs, woher auch die Bezeichnung Cornwallkessel für den Einflammrohrkessel und Lancashirekessel für den Zweiflammrohrkessel stammen. Der Flammrohrkessel bildet namentlich im Vergleich zum Walzenkessel trotz seiner Komplizirtheit und Kostspieligkeit das meist verbreitete Kesselsystem. Infolge kleineren Wasserraums lässt er sich leichter anheizen und entwickelt rascher Dampf. Die auf den qm Heizfläche entwickelte Dampfmenge ist infolge der Innenfeuerung und des geringeren Mauerwerks grösser als beim Walzenkessel; auch wird die Einmauerung weit

einfacher. — Bei der Konstruktion der Flammrohrkessel muss auf die verschiedenartige Ausdehnung der einzelnen Kesselteile besonders Rücksicht genommen werden, da namentlich die Flammrohre wesentlich höheren Heizgastemperaturen ausgesetzt sind als der Kesselmantel und dieser selbst noch bei mehrfachen

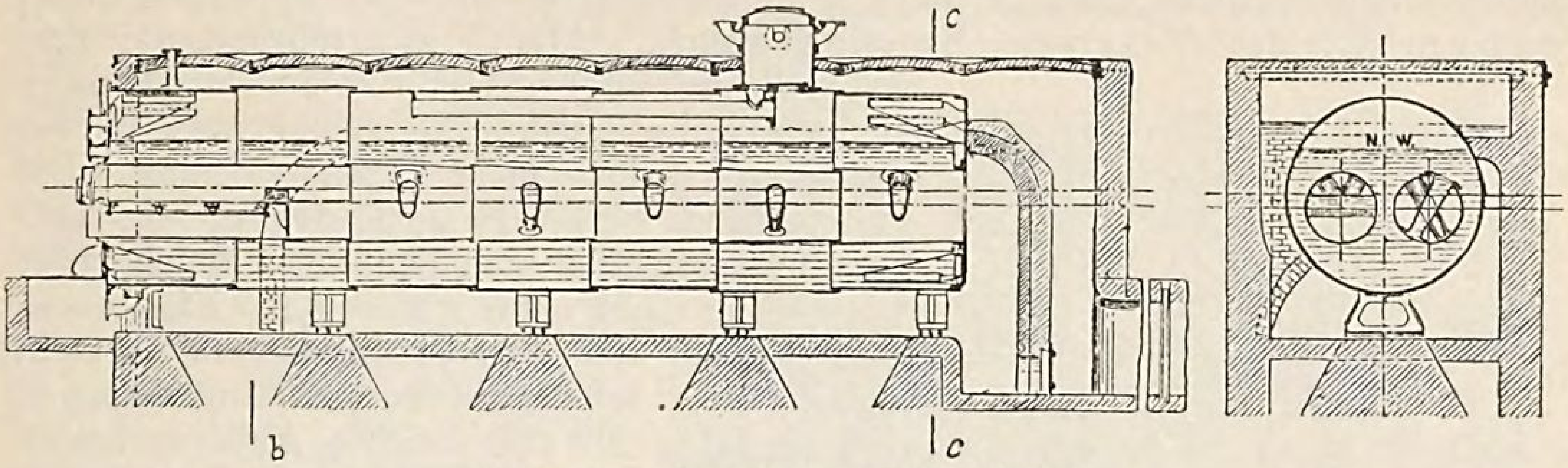


Fig. 3. Lancashirekessel mit Gallowaystutzen.

Feuerzügen verschieden stark erwärmt wird. Die Führung der Feuergase wird verschieden gewählt; gewöhnlich streichen sie durch die Flammrohre, teilen sich nach beiden Seiten des Kesselmantels und ziehen am unteren Teile des Kesselmantels nach dem Schornstein. Es ist diese Heizgasführung zweckmässiger wie jene, bei der die Heizgase aus den Flammröhren erst an einer Seite des Kessels vorbeiziehen und dann an der andern zum Schornstein. Als empfindliche Schattenseite der Flammrohrkessel wird die Beanspruchung der Flammrohre auf äusseren Druck betrachtet. Die einzelnen Flammrohrschüsse werden daher stets durch Winkelringe oder Umbörtelung der Ränder versteift. Grösseren Widerstand gegen äusseren Druck als die glatten Flammrohre bieten die Wellrohre, welche für grössere Flammrohrkesselanlagen allgemein üblich geworden sind. Die Widerstandsfähigkeit der Wellrohre auf äusseren Druck ist ungefähr gleich derjenigen der glatten, auf innern Druck beanspruchten zu setzen. Eine sehr wirksame Versteifung glatter Flammrohre lässt sich noch durch die sogen. Gallowaystutzen, welche als konische Röhren in die Flammröhren quer eingesetzt und mit diesen vernietet werden, erzielen (Fig. 3). Ausserdem wird durch die Wellrohre und die Querstutzen eine Vergrösserung dei direkten Heizfläche, sowie eine bessere Ausnützung der Heizgase insofern erreicht, als letztere beim Durchstreichen der Flammrohre in Wirbelungen geraten bezw. der Kern der Heizgase durch die Querstutzen ebenso ausgenützt wird als der am Flammrohrmantel vorbeistreichende Teil.

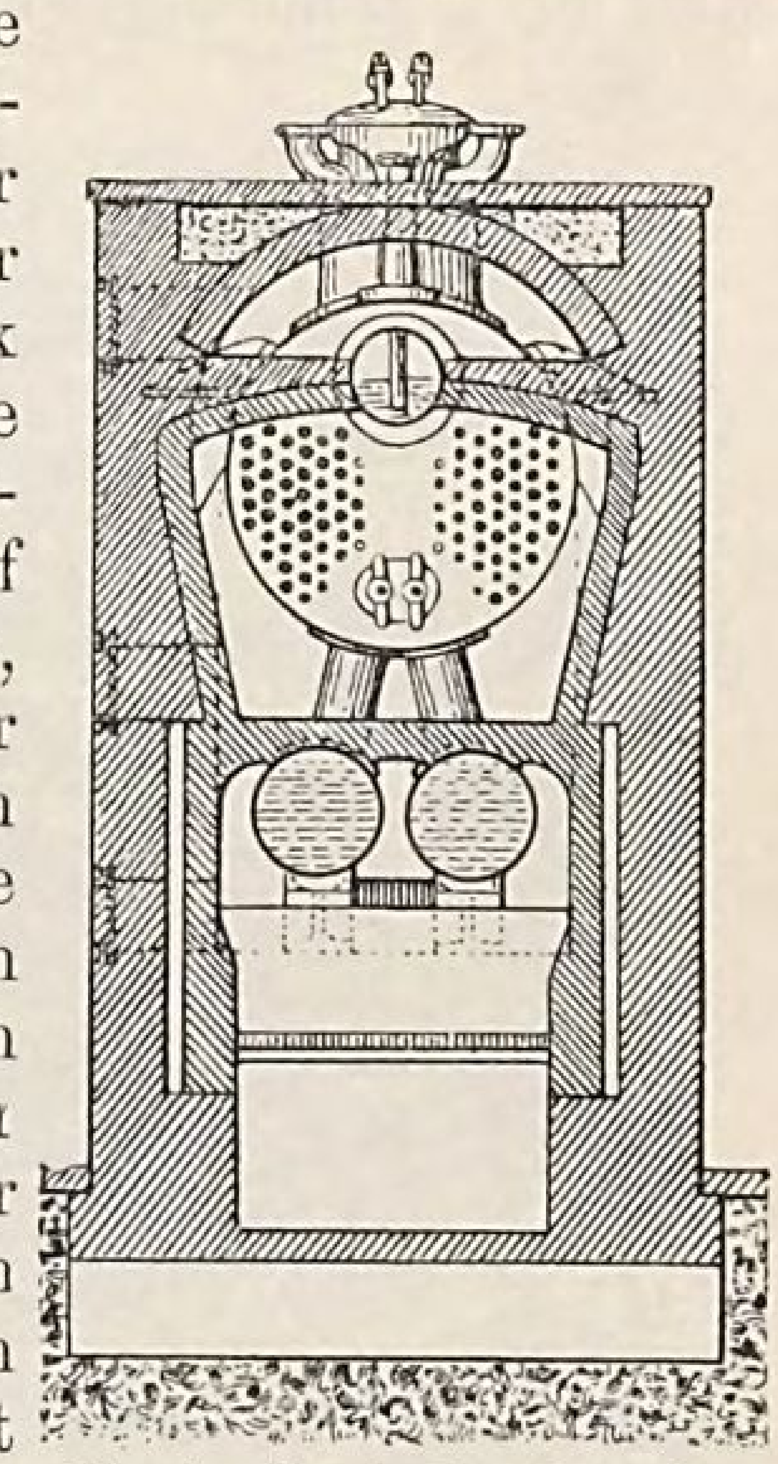


Fig. 4. Rauchröhrenkessel.

H e i z- o d e r R a u c h r ö h r e n k e s s e l. Die einfachste Ausführung dieser Art besteht wieder aus einem mit Unter- oder Vorfeuerung versehenen Walzenkessel, der mit Rauchröhren durchzogen ist. Die Heizgase bestreichen zuerst den Kesselaussenmantel und ziehen vom hinteren Kesselende aus durch die Rauchröhren in den Schornstein. Es ist jedoch auch möglich, die Führung der Heizgase am Kesselmantel in zwei oder drei Heizkanäle zu teilen. Die Röhren von etwa 55 mm Durchmesser werden in die Kesselböden eingewalzt. Fig. 4 zeigt einen Rauchröhrenkessel in Verbindung mit zwei Siedern, welche durch je zwei Stutzen mit ersterem verbunden sind.

Eine grosse Rolle spielen die Rauchröhren bei den Lokomotiv- und Lokomobilkesseln. Bei letzteren wird in der Regel das ganze Röhrenbündel behufs bequemer Reinigung von Kesselstein ausziehbar hergestellt. (S. a u s z i e h b a r e R ö h r e n k e s s e l.) Die Länge der Rauchröhrenkessel ist eine beschränkte und beträgt höchstens 5,0 m wegen des schwierigen Dichthaltens langer Rauchröhren infolge ihrer Längenänderungen bei verschiedenen Betriebsverhältnissen des Kessels. Die mittlere Beanspruchung der Heizfläche soll bei den stationären Rauchröhrenkesseln unter 15—20 kg Dampferzeugung betragen, bei Lokomobilen 10—15 kg, während bei Lokomotiven die Beanspruchung auf 40 kg und darüber sich steigern kann.

Wasserröhrenkessel. Dieselben haben im Verhältnis zu ihrer Heizfläche einen sehr kleinen Wasserraum — gehören zu den Kleinwasserraumkesseln — und sind daher für plötzlich grössere Dampfentnahmen sowie für sehr wechselnden Betrieb nicht geeignet. Ihre Hauptvorteile bestehen in der Anwendung hoher Dampfspannung bei geringer Explosionsgefahr und Beanspruchung sehr geringen Raumes für grosse Kesselheizflächen. Die Wasserröhrenkessel sind wegen ihrer Vielgliedrigkeit konstruktiv komplizirter wie die Grosswasserraumkessel, in der Herstellung jedoch nicht selten einfacher. Die Anlagekosten beider Systeme für gleiche Leistung unterscheiden sich heute bei gleich guter Ausführung nicht mehr wesentlich. Ein besonderer Vorzug der Wasserröhrenkessel besteht noch in ihrer leichten Transportfähigkeit, und sind sie daher für überseeische Anlagen besonders geeignet. Wasserröhrenkessel wurden schon anfangs unseres Jahrhunderts angewendet.

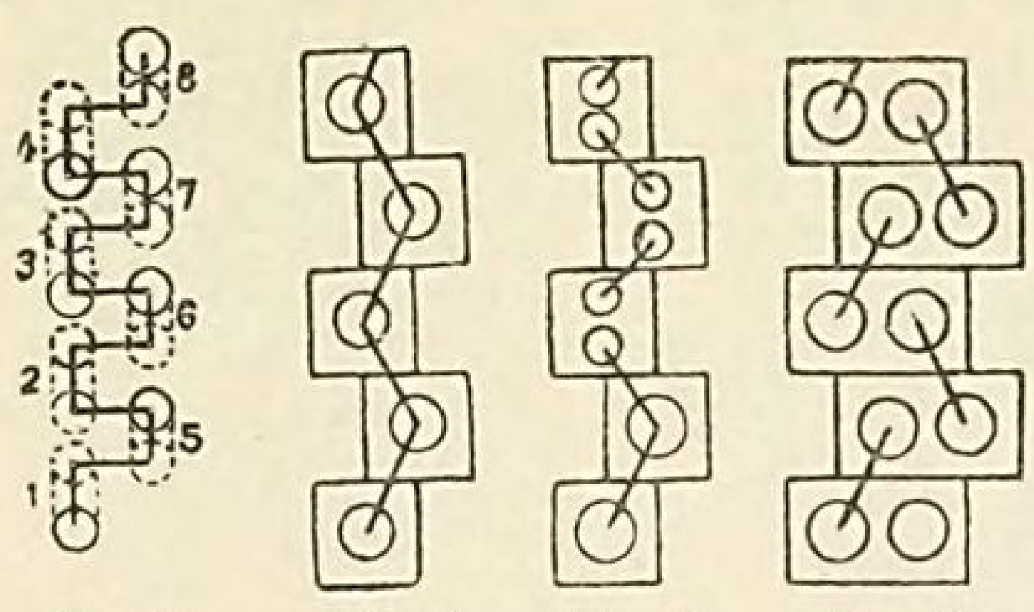


Fig. 5. Fig. 6. Fig. 7. Fig. 8.
Wasserröhrenkessel von
Belleville. Root. Büttner. Denayer.

Die verschiedenen Systeme unterscheiden sich konstruktiv in der Verbindungsweise der einzelnen Röhren unter einander und mit den Dampfsammlern.

I. Verbindung der einzelnen Rohre unter sich durch Kappen zu einfachen oder doppelten, stehenden Elementen. Zu diesen gehören die Ausführungen von Root, Büttner Belleville, Denayer. In den schematischen Darstellungen Fig. 5—8 sind die Verbindungsweisen der Röhren und Kappen vorbezeichneter Kesselsysteme wiedergegeben und in Fig. 9 ein Rootkessel mit Oberkessel dargestellt. Die 100 mm weiten, schmiedeeisernen Röhren sind an beiden Enden mit Kopfstücken fest verbunden, die ihrerseits durch gusseiserne Kniestücke derart verbunden sind, dass der sich entwickelnde Dampf durch sie direkt nach dem Dampfsammler entweichen kann. Die Dichtung in den Rohrverbindungen ist metallisch mittelst doppelt konischer Ringe, welche sich teils in die Kappen, teils in die Kniestücke einlegen; die Speisung erfolgt in das unterste Querrohr. Ein über den oberen Dampfrohren liegendes Röhrenbündel dient zur Vorwärmung des Speisewassers. Werden ein oder mehrere Oberkessel als Dampfsammler über dem Röhrensystem angelegt, so bleibt letzteres sowie ein Teil der Dampfsammler ganz mit Wasser gefüllt. Die Wasser- und Dampfzirkulation lässt sich dadurch wirksamer gestalten, sowie trockenerer Dampf erzielen. Der Oberkessel wird den Heizgasen nicht ausgesetzt.

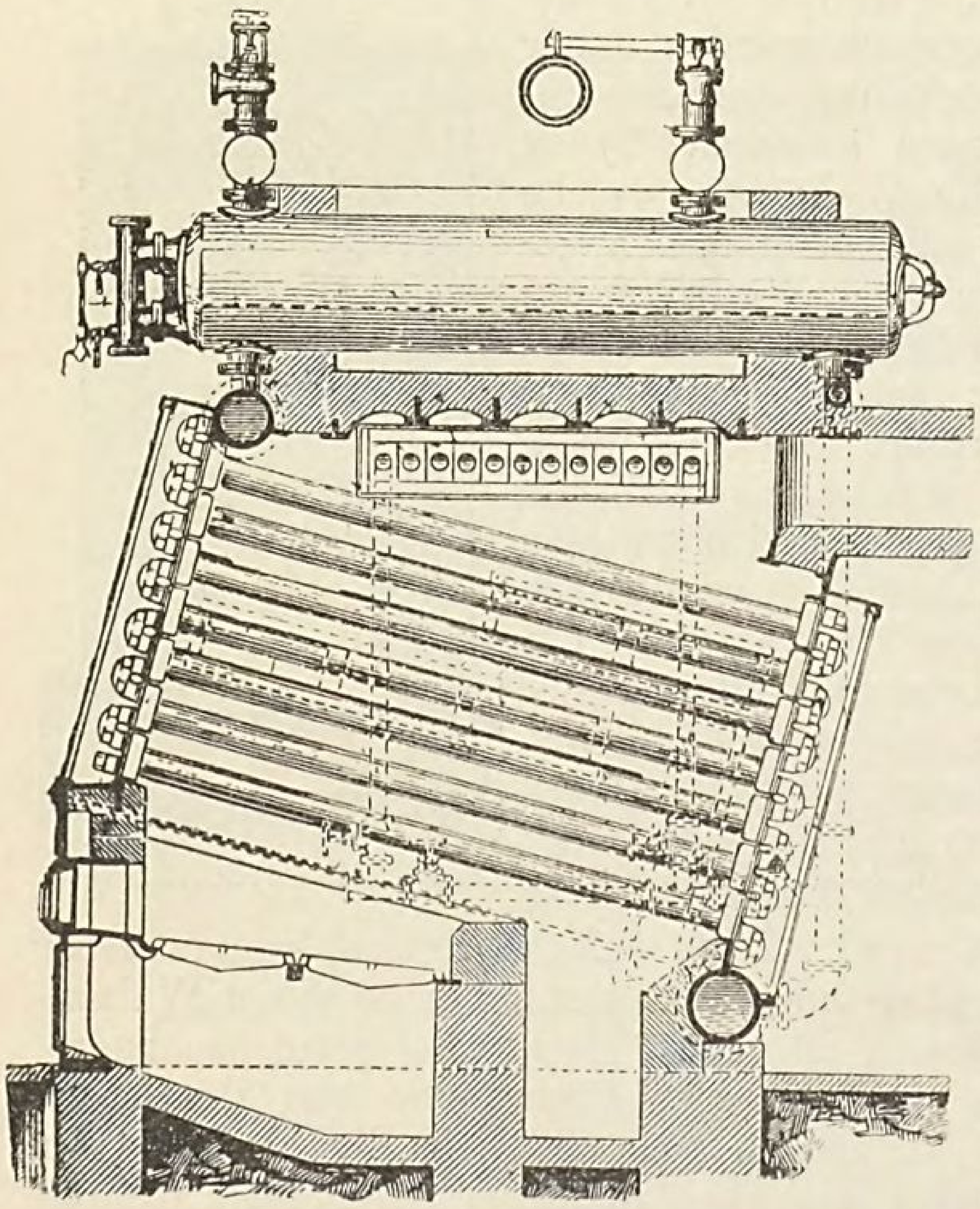


Fig. 9. Rootkessel.

II. Verbindung einzelner stehender oder liegender Rohrreihen unter sich durch Kammern: Howard, Sinclair, Babcock & Wilcox. Die erstbezeichneten Kessel sind veraltet; dagegen spielt das letztere System eine bedeutende Rolle in Amerika, England und Frankreich, und auch in Deutschland ist dasselbe bei mehreren grösseren Anlagen zu finden. Die neueste Konstruktion von Babcock & Wilcox, welche aus zahlreichen Abänderungen hervorgegangen ist, zeigt Fig. 10. Die schmiedeeisernen, überlappt geschweissten Wasserröhren sind nach rückwärts geneigt und in je zwei Parallelreihen vertikal an beiden Enden unter

einander verbunden. Diese Rohrreihen sind ihrerseits oben mit dem Dampfsammler und rückwärts mit einem sogenannten Schlammsammler vereinigt. Die Verbindungskammern der Rohrenden sind aus Schmiedeeisen und geschweisst hergestellt, die Röhren eingewalzt, sowie die den Rohrenden gegenüberstehenden Verschlussdeckel mittelst ebener Ringfläche metallisch abgedichtet. Die Verbindungskammern sind einzeln mittelst entsprechend langer, ebenfalls eingewalzter Rohrstücke mit dem Oberkessel verbunden und in gleicher Weise die hinteren Kammern mit dem Schlammsammler. Die Konstruktion gewährt unabhängige, freie Ausdehnung der vertikalen Rohrreihen unter einander, sowie grosse Beweglichkeit des ganzen Röhrensystems gegenüber dem Dampf- und Schlammsammler. Die Feuerung liegt unterhalb der Röhren, und die Feuergase durchstreichen dieselben mehrmals in senkrechter Richtung; der untere Mantel des Dampfsammlers wird gleichfalls von den Gasen getroffen. Geeignet angebrachte Zwischenmauern und Blechwände am Röhrenbündel bewirken die erforderliche Führung der Gase. Die Einmauerung des ganzen Kessels ist sehr einfach, indem der oben auf das Mauerwerk gelegte Dampfsammler das ganze Röhrenbündel zu tragen hat und dieses selbst an seinen Enden nur eine leichte und einfache Unterstützung am Mauerwerk findet. Die Speisung erfolgt in den Oberkessel und die Zirkulation in der Weise, dass in den hinteren Verbindungsröhren das Speisewasser niederfliesst, während in den vorderen Verbindungsröhren der sich entwickelnde Dampf aufsteigt. Die abwärts gehende Bewegung des Wassers vom Dampfsammler aus begünstigt die zuverlässige Absonderung der kesselsteinbildenden Substanzen im unteren Querrohr.

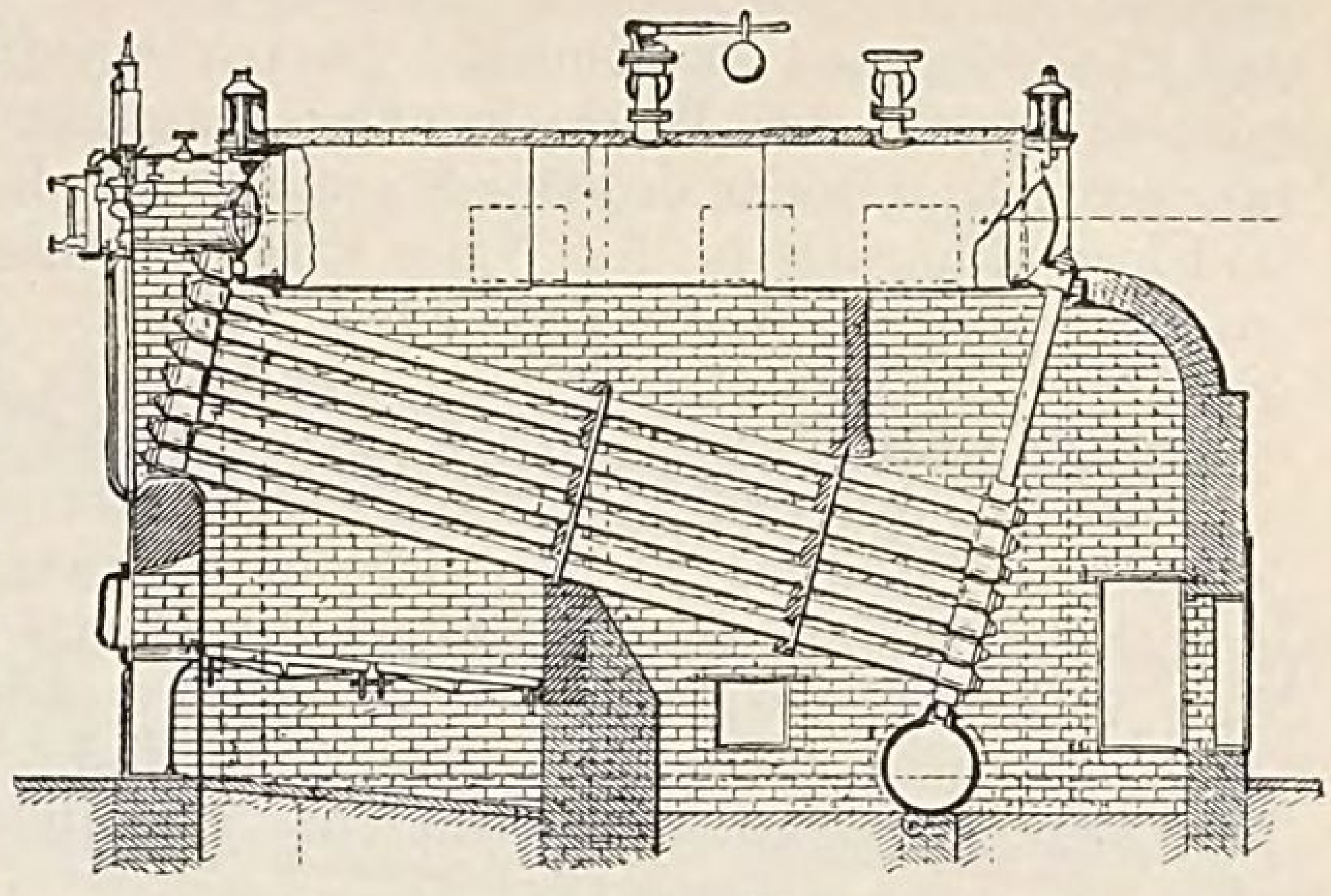


Fig. 10. Babcock- und Wilcoxkessel.

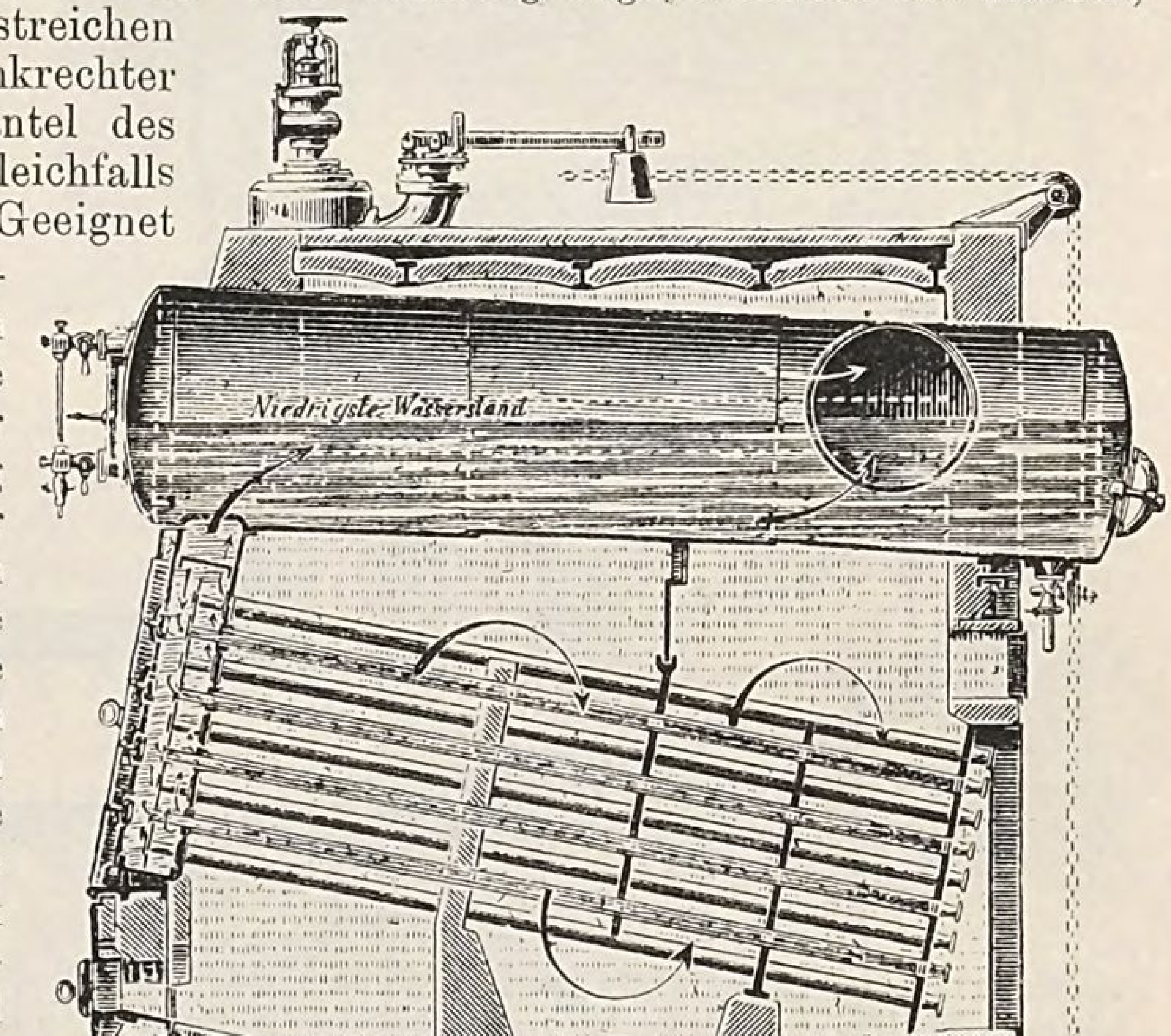


Fig. 11. Dürrkessel.

III. Verbindung der einzelnen Röhren mit einer oder zwei Dampfkammern. Zu den Röhrenkesseln mit einer Dampfkammer gehören die Konstruktionen von Alban, Dürr und Willmann, mit zwei Dampfkammern von Steinmüller, Heine u. a.

Der Dürrkessel, dargestellt in Fig. 11, hat einen oder zwei Oberkessel, die durch geschweisste Stutzen mit der gleichfalls geschweissten Dampfkammer in Verbindung stehen. Diese ist durch eine Zwischenwand in zwei Hälften geteilt zur Trennung des zu verdampfenden Wassers von dem dampfführenden.

Die nach rückwärts geneigt liegenden Röhren von etwa 110 mm Durchmesser sind in die hintere Dampfkammerwand eingesetzt und enthalten im Innern ein engeres, beiderseitig offenes Zirkulationsrohr, das an seinem vorderen Ende in die Zwischenwand anschliesst. Ist nur ein Oberkessel vorhanden, so wird die vordere Hälfte der Wasserkammer mit dem Wasserraum, die hintere Hälfte mit dem Dampfraum des Oberkessels verbunden. Es wird dadurch eine Wasser- und Dampfführung in der Weise erreicht, dass das kalte Wasser vom Oberkessel in der vorderen Wasserkammer niedergeht, in die inneren Zirkulationsröhren sich verteilt, während der im ringförmigen Raume der Siederöhren gebildete Dampf in der hinteren Wasserkammer sich sammelt und in dieser nach dem Dampfraum des Oberkessels aufsteigt. Durch diese Verbindung des Röhrenbündels mit dem Oberkessel wird eine überaus lebhafte und wirksame Zirkulation erreicht. Das aus dem aufsteigenden Dampf ausgeschiedene Wasser fliesst auf dem vorher beschriebenen Wege wieder nach den Siederöhren zurück. Die Schlamm- und Kesselsteinablagerung findet hauptsächlich im hinteren Teile der Oberkessel statt. Die Siederohre sind in die Wasserkammerwand mit einem aufgeschweissten, konisch abgedrehten Ringe eingesetzt und werden durch den Dampfdruck abgedichtet. Die hinteren Rohrenden liegen vollständig frei und gestatten ungehinderte Ausdehnung der einzelnen Rohre. Sie werden durch Kappen mit konisch abgedrehten Dichtungsflächen geschlossen. — In der vorderen Wasserkammerwand sind gegenüber den einzelnen Röhren metallisch abgedichtete, konische Deckel eingesetzt, die ebenfalls durch den Dampfdruck gehalten sind. Schliessen zwei Oberkessel an eine Wasserkammer an, wie in Fig. 11, so wird die vordere Hälfte der letzteren mit dem Wasserraum des einen Oberkessels und die hintere Hälfte mit dem Dampfraum des andern verbunden, während beide Kessel unter sich durch einen weiten Querstutzen vereinigt sind. — Beim Willmannkessel ist die Zirkulation in der Wasserkammer umgekehrt ausgebildet, indem in der hinteren Hälfte das Wasser niedergeht und in der vorderen der Dampf aufsteigt. Es soll dadurch ein besonderer Schutz gegen ein Verbrennen der hinteren, den Feuergasen ausgesetzten Wasserkammerwand gebildet werden. — Steinmüllerkessel (Fig. 12). Die nach hinten geneigt liegenden Siederohre sind an ihren beiden Enden mit Wasserkammern verbunden, die ihrerseits mittelst Stutzen an den Oberkessel anschliessen. Das Röhrenbündel ist vollständig, der Oberkessel bis zur Hälfte mit Wasser gefüllt. Die Feuerung befindet sich unter dem Röhrensystem und werden die Heizgase durch geeignete Zwischenwände teils senkrecht, teils parallel zu den Röhren streichend geführt. Die in den Siederöhren sich entwickelnden Dampfblasen steigen in der vorderen Wasserkammer unter Mitreissen von Wasser nach dem Oberkessel, in dem sich der Dampf ansammelt, während das aus demselben sich ausscheidende Wasser durch ein nahe am Boden des Oberkessels befindliches Rohr nach dem hinteren Verbindungsstutzen abfliesst. Zur vollständigen Trennung des mitgerissenen Wassers wird der Dampf oberhalb des Wasserspiegels in einen langen, mit durchlöchertem

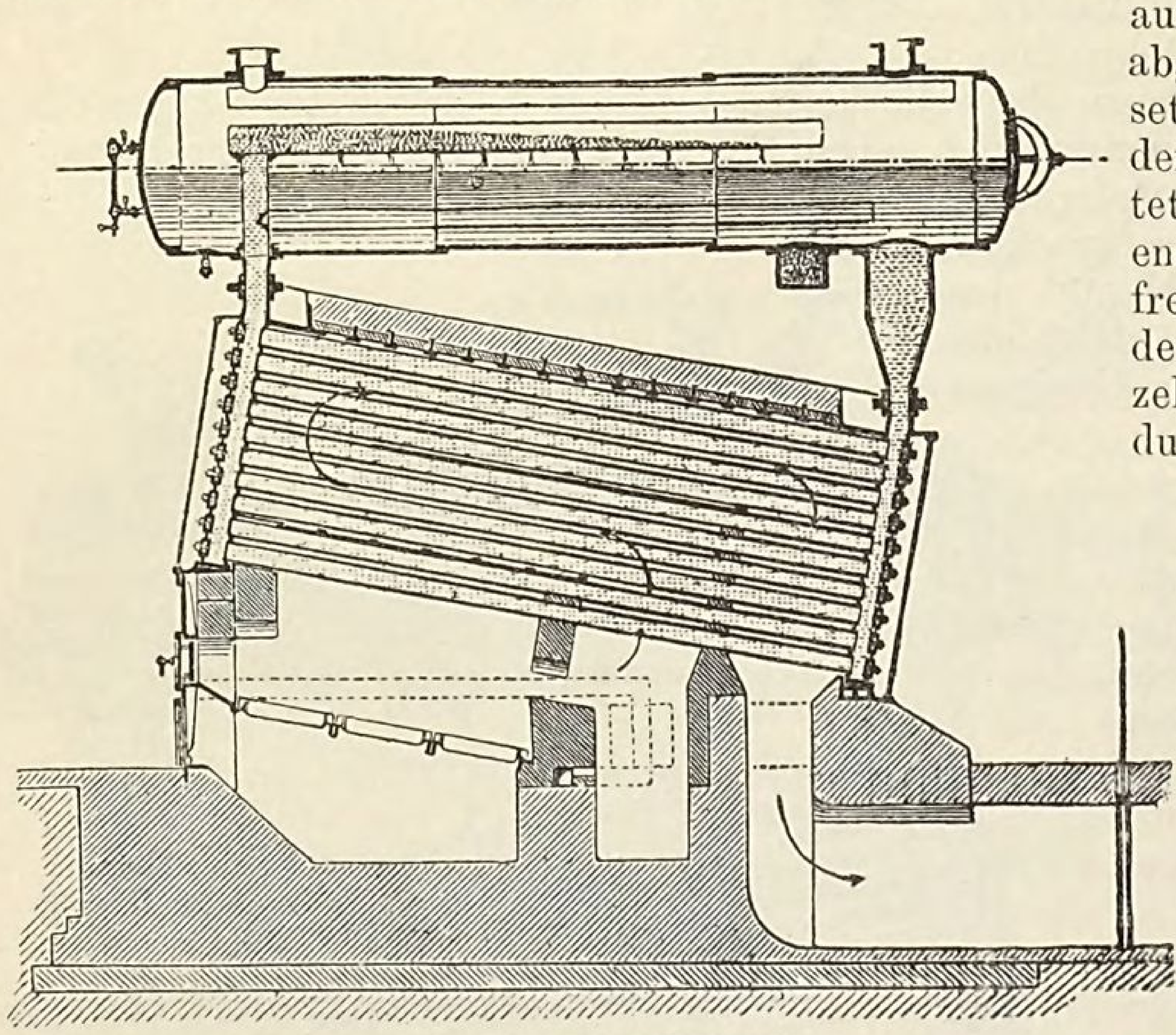
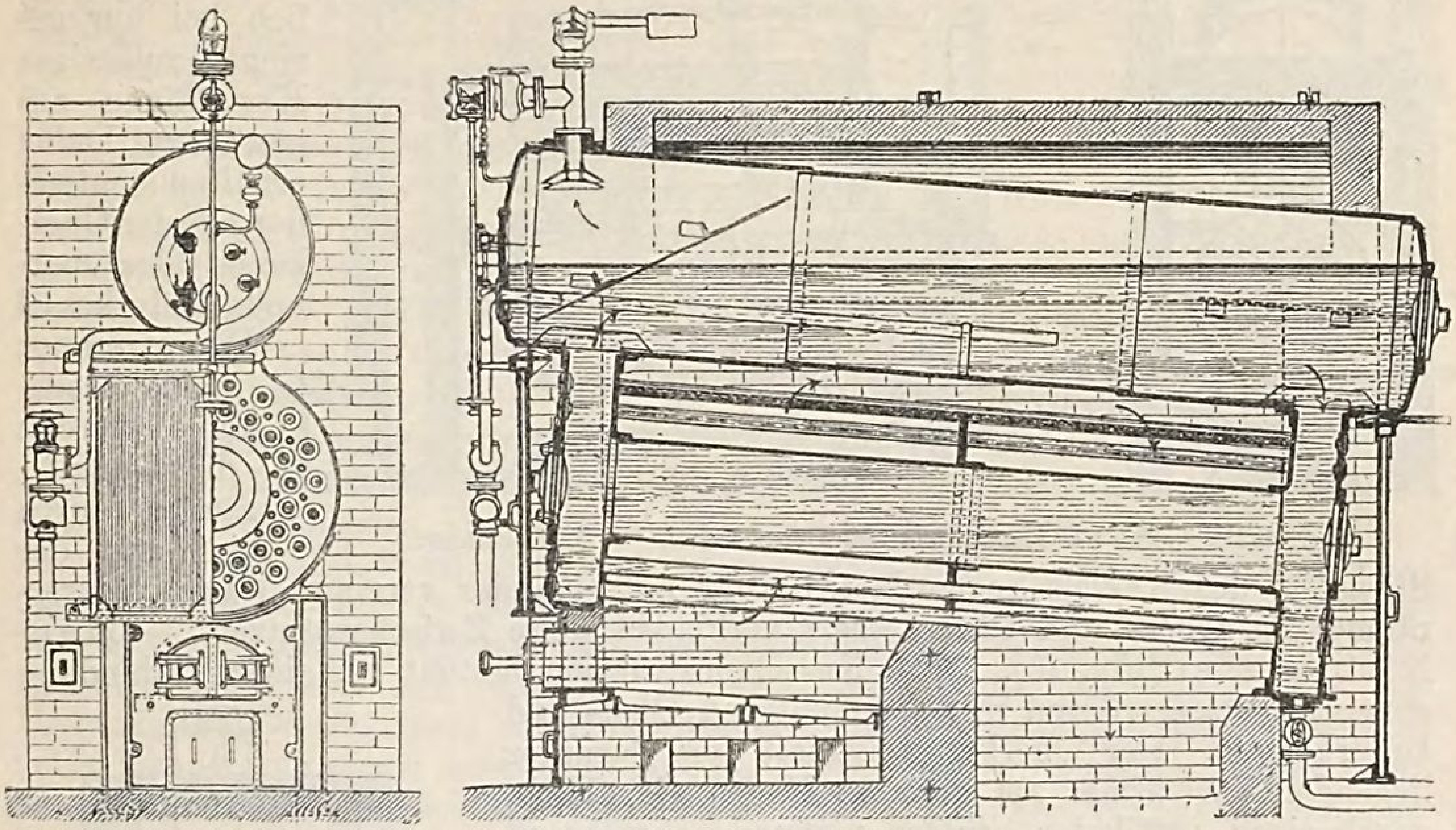


Fig. 12. Steinmüllerkessel.

Boden versehenen Kasten geleitet, in dem das sich ausscheidende Wasser wegen seines grösseren spezifischen Gewichtes in langsamer Strömung nach dem Wasserraum zurückfliesst. Die Zirkulation ist eine naturgemässe und sehr wirksame; das Speisewasser wird in den Oberkessel da zugeführt, wo das heisse Zirkulationswasser ausströmt, um eine sofortige Ausscheidung der kesselsteinbildenden Bestandteile zu bewirken, welche sich erfahrungsgemäss besonders in dem am



Ansicht. Fig. 13. Heinekessel. Längenschnitt.

Oberkessel angebrachten Schlammsammler absetzen. — Heinekessel (Fig. 13). Die charakteristischen Konstruktionsdetails des gleichfalls mit zwei Wasserkammern in Verbindung mit einem oder mehreren Oberkesseln ausgeführten Kesselsystems sind: Die sogenannte Deflektionsplatte des Oberkessels behufs vollständiger Ausscheidung des vom aufsteigenden Dampfe mitgenommenen Wassers; Hohlanker der Wasserkammern, welche zwischen den Röhren angeordnet sind und zum Abrussen der Siederöhren vom Kopfende des Kessels aus dienen, die inneren, runden Verschlussdeckel und äusseren Gegendeckel der äusseren Wasserkammerwände mit mechanisch bearbeiteten Auflageflächen. Die Schlammtrommel im Oberkessel, für welche die Aktion des eintretenden Speisewassers und der Zirkulation des Kesselwassers nutzbar gemacht wird, um den abgesonderten Schlamm von dem tiefsten Punkte der Schlammtrommel während des Betriebes abzulassen; die auswechselbaren Einlegstücke zwischen je zwei Rohren der untersten Rohrreihe zur Bildung einer kontinuirlichen Decke über dem Feuerraum, und die durch drei Rohre eingeschlossenen Einlegschienen, mit diesen die obere Decke zur Führung der Gase bildend.

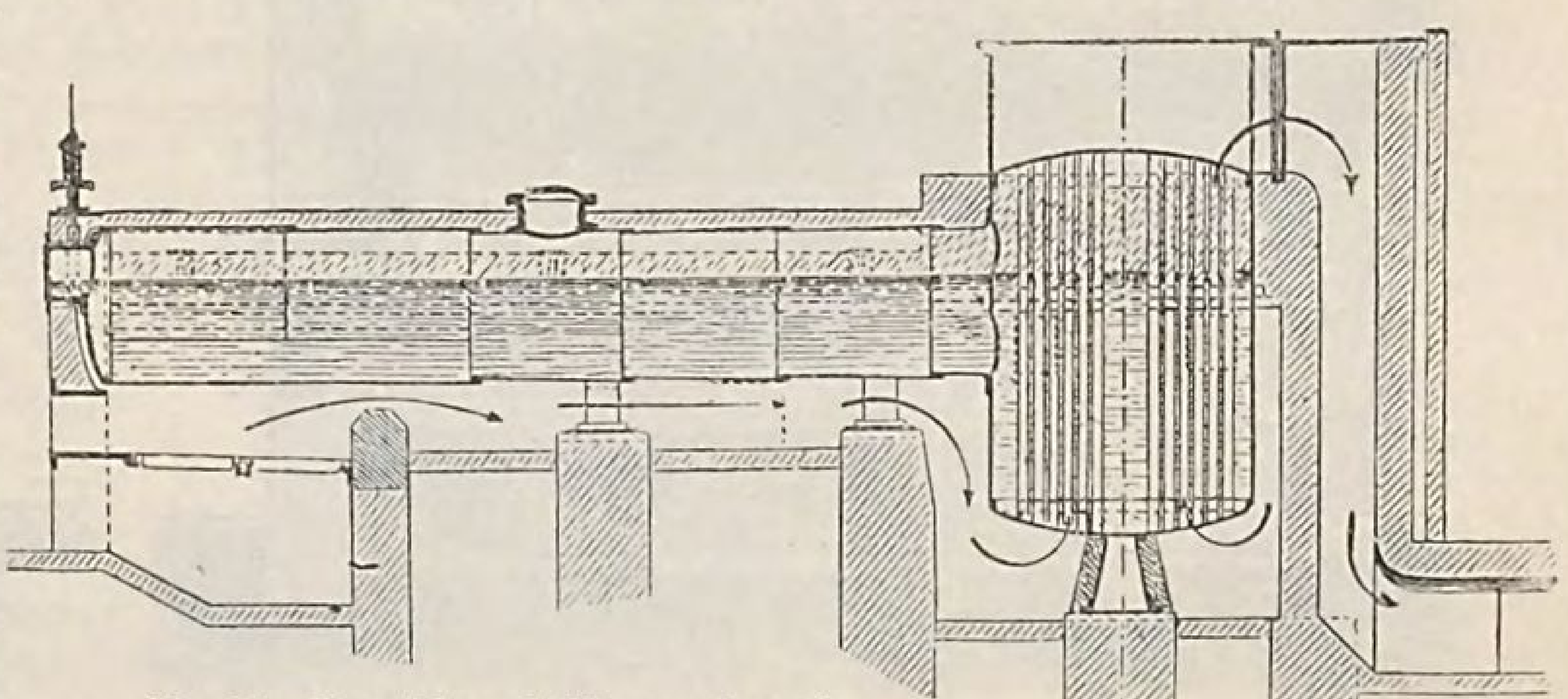
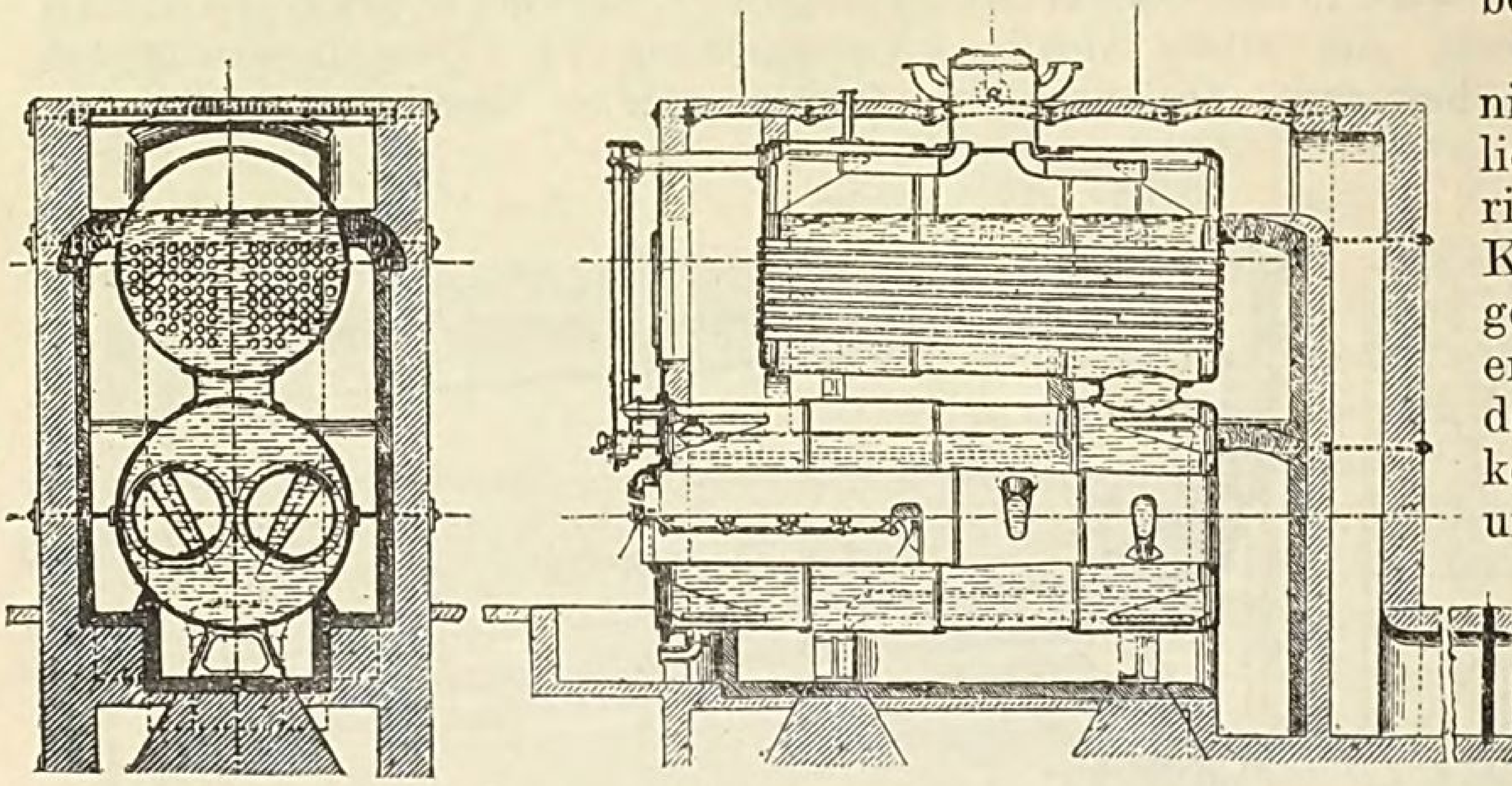


Fig. 14. Dupuiskessel (Hammerkessel).

Zusammengesetzte Kessel. Der Dupuiskessel (Hammerkessel), Fig. 14, besteht aus einem horizontal liegenden Walzenkessel, der an seinem hinteren Ende an einen stehenden Röhrenkessel sich anschliesst. Die Konstruktion ergibt grosse verdampfende Oberfläche und Trocknung des Dampfes durch den oberen Teil der Heizrohre, zeigt jedoch ungünstige Schlammablagerung

im Oberkessel und schwierige Einmauerung, sowie leichtes Undichtwerden der Heizröhren. — Verbindung des Flammröhrenkessels mit einem Rauchröhrenkessel über einander liegend (Fig. 15). Diese Zusammensetzung wird bei beschränkten Raumverhältnissen, namentlich bei nur geringer zulässiger Kessellänge angewendet. Dabei erhalten entweder nur der Oberkessel oder Ober- und Unterkessel Dampfräume; in letzterem Falle werden die Dampfräume durch ein auf der Stirnseite des Kessels angeordnetes Rohr mit einander vereinigt. Die Wasserräume des Ober- und Unterkessels verbinden weite Zwischenstutzen. — Mac-Nicolkessel (Fig. 16). Diese Kesselkonstruktion besteht aus einer Verbindung geneigter Wasserröhren mit gewöhnlichen Ober- und Unterkesseln. Der Oberkessel ist mit dem darunter liegenden Vorwärmer am hinteren Ende, wie üblich, durch einen vertikalen Stutzen verbunden, während am vorderen Ende die Verbindung beider durch das geneigte Röhrenbündel mittelst zweier Wasserklammern erfolgt. Die Feuerung liegt unterhalb der Sideröhren und bestreicht der Länge nach den Oberkessel, sowie hierauf zu beiden Seiten den Vorwärmer. Das eingeschaltete Röhrenbündel sichert durch seine geneigte Lage, durch das Aufsteigen des sich entwickelnden Dampfes eine kräftige Wasserzirkulation in dem ganzen Kesselsystem. Die Ablagerung der kesselsteinbildenden Substanzen findet in den an der Zirkulation nicht teilnehmenden Räumen des Vorwärmers statt. Die Anwendung und Anbringung des Röhrensystems lässt sich auch bei anderen Kesselarten, sowie bei älteren, bereits bestehenden Kesseln vornehmen zwecks Verbesserung des Wasserumlaufes und der Verdampfungsfähigkeit. — Prégardien verbindet über einander liegende Cylinder- oder Cornwallkessel mit Cylinderoberkesseln in ihrer Längsrichtung durch geschweisste, gebogene Rohre zur Erzielung grösseren Wasser-



Querschnitt. Fig. 15. Flamm- und Rauchröhrenkessel. Längenschnitt.

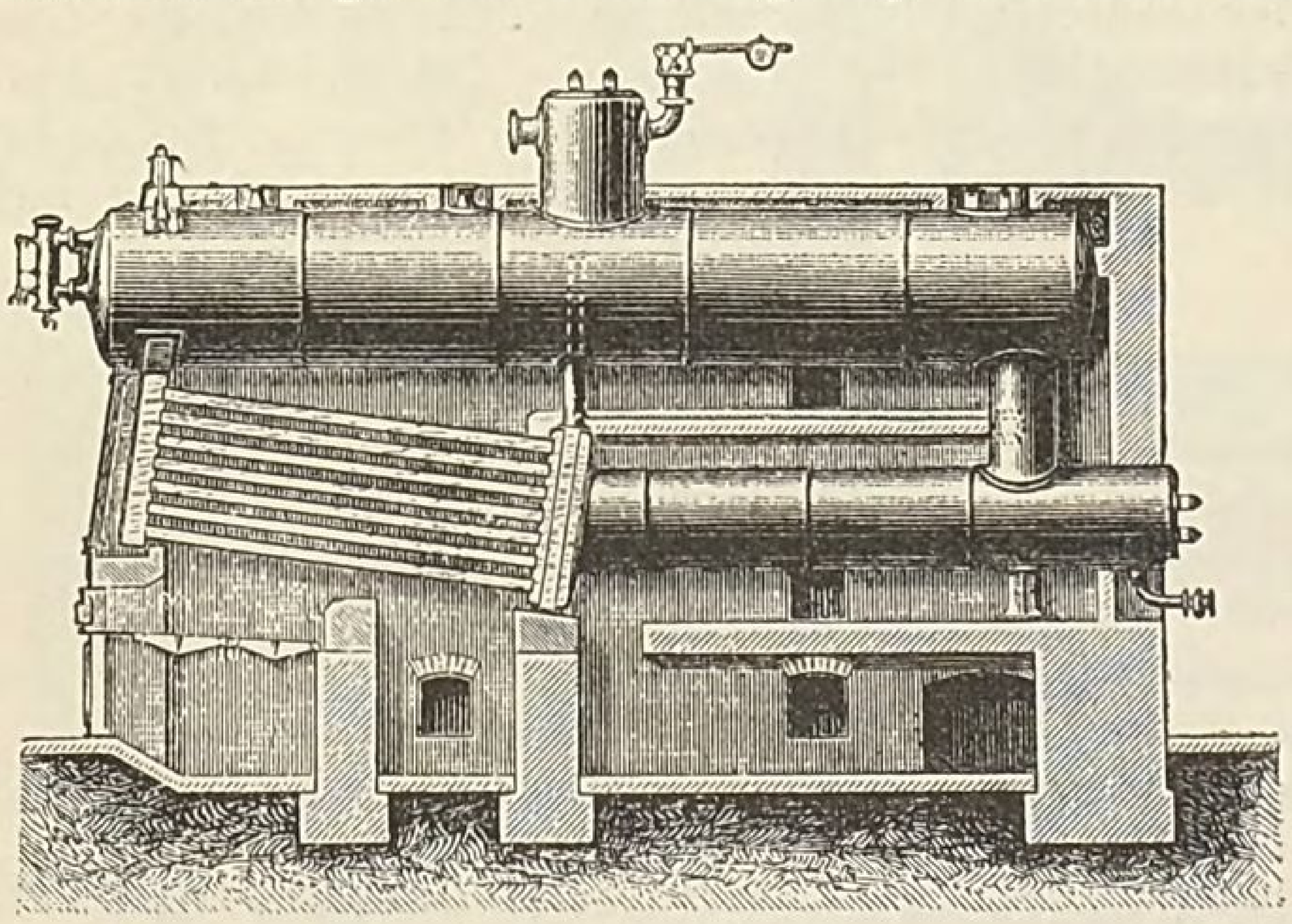


Fig. 16. Mac-Nicolkessel.

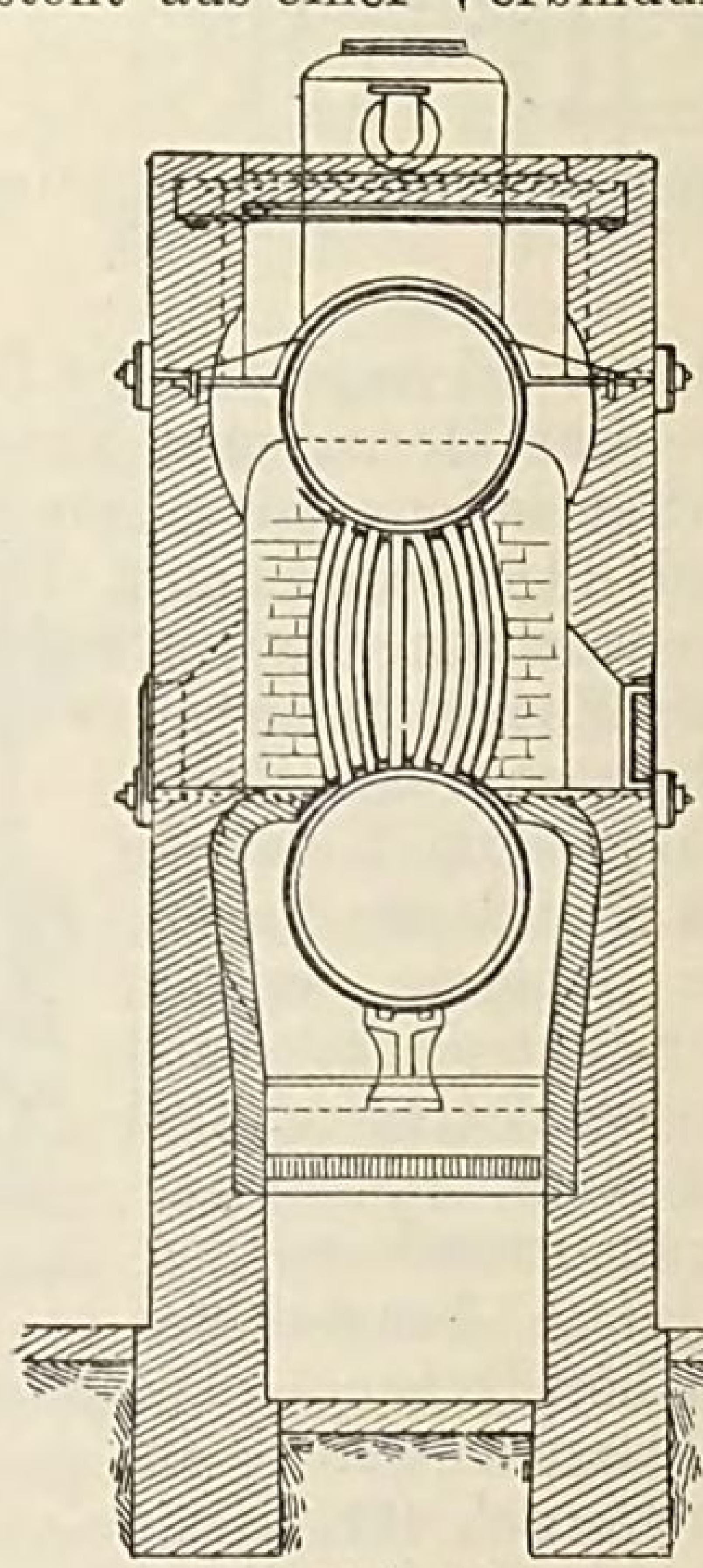


Fig. 17. Prégardienkessel.

und Dampfraumes, sowie grosser Heizfläche (Fig. 17). Der durch diese eigenartige Konstruktion erreichte Vorteil besteht darin, dass der im unteren Kessel entwickelte Dampf rasch und unbehindert durch die vertikalen Verbindungsröhren nach dem Oberkessel entweichen kann. — S. auch Schiffskessel.

Litteratur: Zahlreiche Abhandlungen über Dampfkessel sind in der Zeitschr. d. Vereins deutscher Ingenieure enthalten; vergl. das Inhaltsverz. der Jahrgänge 1884—1893, Stichwort Dampfkessel, S. 40, Berlin 1895. Eine Auswahl Zeichnungen von Dampfkesseln gab der Verband deutscher Dampfkesselüberwachungsvereine heraus unter dem Titel: „Neuere Dampfkesselkonstruktionen und Dampfkesselfeuerungen mit Rücksicht auf Rauchverbrennung, Berlin 1890". S. a. die Litt. unter Dampfkesselberechnung und Dampfkesselbetrieb. *Gutermuth.*

Dampfkesselarmaturen. Zu diesen gehören die Vorrichtungen zur Erkennung des Dampfdruckes (Manometer) und des Wasserstandes (Wasserstandszeiger und Probirhähne), die Absperrventile, die Mann- und Schlammlöcher, die Sicherheitsventile und Sicherheitsapparate (wie Alarmpfeifen und dergl.). — Ausser der sogen. groben und feinen, bezw. gesetzlich vorgeschriebenen Armatur (s. Dampfkesselbetrieb, S. 167) empfiehlt es sich auch, Speisewassermessvorrichtungen zur Beobachtung der Verdampfung anzubringen.

Dampfkesselberechnung. Heizfläche: Es ist die Verdampfungsfläche von der Vorwärmungsfläche zu unterscheiden, unter Berücksichtigung, ob Parallelstrom oder Gegenstrom zwischen der Heizgas- und Wasserbewegung stattfindet. Der Wert der Heizfläche hängt von der inneren und äusseren Beschaffenheit der Kesselfläche und in geringem Grade von der Dicke und Wärmeleitungsfähigkeit des Kesselmaterials ab, hauptsächlich aber vom Temperaturgefälle zwischen Heizgasen und Wasser. Es erscheint für die Ausnützung der im Brennmaterial verfügbaren Wärme vorteilhaft, im Verbrennungsraume möglichst hohe Temperatur durch möglichst geringe Luftzufuhr zu erzeugen. Nach den bis jetzt vorliegenden Beobachtungen über das Gesetz der Wärmeübertragung der Kesselwände ist für den praktischen Kesselbetrieb noch nicht mit genügender Sicherheit festgestellt, ob zur Ermittelung der von den Heizflächen übertragenen Wärmemengen die von Redtenbacher aufgestellten Formeln oder diejenigen von Rankine allgemeinere Giltigkeit beanspruchen dürfen.

Nach Redtenbacher ist $W = KF(T-t)$, worin W die von der Heizfläche F stündlich übertragene Wärmemenge, T und t die Temperaturen des Heizgases und Kesselinhaltes an einer bestimmten Stelle und K einen Koefficienten bezeichnet. Nach einer vom österreichischen Dampfkesselrevisionsverein gemachten Zusammenstellung von 361 Kesselheizversuchen zeigt sich, dass die Koefficienten K auch nicht für ein bestimmtes Kesselsystem konstant bleiben, sondern von der übertragenen Wärmemenge abhängen, wie in nachfolgender Tabelle angegeben.

$\frac{W}{F}=$	5000 bis 10 000 Kalorien	10 000 bis 15 000 Kalorien	15 000 bis 20 000 Kalorien
Cylinderkessel mit Unterkesseln	$K_1=14{,}0$	19,9	26
	$K_2=17{,}0$	22,7	28,9
Cylinderkessel kombinirt mit Röhrenkesseln	$K_1=14{,}9$	23,2	—
	$K_2=18{,}0$	27,2	—

$\frac{W}{F}=$	5000 bis 10 000 Kalorien	10 000 bis 15 000 Kalorien	15 000 bis 20 000 Kalorien
Flammrohrkessel	$K_1=13{,}9$	18,4	—
	$K_2=17{,}2$	21,4	—
Flammrohrkessel kombinirt mit Röhrenkesseln	$K_1=13{,}2$	—	—
	$K_2=11{,}1$	—	—

Für die Rankine'sche Beziehung $W = KF\,(T-t)^2$ ergeben sich die Koefficienten von der übertragenen Wärme unabhängig, dagegen veränderlich mit der in folgender Tabelle angegebenen Temperaturfunktion.

$$(T_1 - t_2)\,(T_2 - t_1) \text{ oder } (T_1 - t_1)\,(T_2 - t_2)$$

=	100 000 bis 200 000	200 000 bis 300 000	300 000 bis 400 000
Cylinderkessel mit Unterkesseln	$K_1=0{,}051$	0,042	0,039
	$K_2=0{,}072$	0,054	0,046
Cylinderkessel kombinirt mit Röhrenkesseln	$K_1=0{,}055$	0,039	0,026
	$K_2=0{,}069$	0,039	—

=	100 000 bis 200 000	200 000 bis 300 000	300 000 bis 400 000
Flammenrohrkessel	K_1 0,043	0,035	0,030
	$K_2=0{,}059$	0,049	0,037
Flammenrohrkessel kombin. mit Röhrenkesseln	$K_1=0{,}042$	0,027	0,029
	K_2 0,051	0,029	—

In obigen für Gegenstrom oder Parallelstrom geltenden Formeln bedeuten T_1 und t_1 die Anfangstemperaturen der Feuergase bezw. des Speisewassers, T_2 und t_2 die Abgangstemperaturen der Gase bezw. Dampftemperaturen.

Für beide Gesetze zeigt sich, dass die Kessel mit Unterfeuerung grössere Koefficienten liefern als die mit Innenfeuerung. Man rechnet bei Steinkohlenfeuerung pro qm Heizfläche eine stündliche Dampferzeugung von 10—25 kg, im Mittel 15 kg für stationäre Kessel. Im allgemeinen darf angenommen werden, dass der Aufwand an Brennmaterial im umgekehrten Verhältnis zur Verdampfung steht.

Rostfläche: Die Grösse der Rostfläche ist dem zu verwendenden Brennmaterial entsprechend zu wählen und die durch die Rostspalten zu schaffende freie Rostfläche abhängig zu machen von der zur Verbrennung nötigen Luftmenge. Die Weite der Rostspalten ist der Brennmaterialbeschaffenheit (Stück-, Nuss- oder Staubkohle) anzupassen. Die freie Rostfläcbe wird bei Koks 0,4—0,5, bei Steinkohle 0,25—0,4 der Gesamtrostfläche genommen. — Je nach der auf dem Roste zu verfeuernden Brennmaterialmenge bezw. dem Kesselbetrieb wird geringere oder grössere Schichthöhe angewendet, veränderlich zwischen 100 und 500 mm.

Die auf 1 qm Rostfläche zu verfeuernden Brennmaterialmengen ergeben sich für die verschiedenen Betriebsverhältnisse und Dampfkessel-Systeme wie folgt: 50 kg bei langsamer Verbrennung, Unterfeuerung, grossem Rost; 75 kg bei rascher Verbrennung, Innenfeuerung; 100 kg bei angestrengtem Betriebe, geringwertigem Brennmaterial; 90—100 kg normale Verbrennung bei Schiffskesseln; 300—400 kg bei Lokomotiven, wegen beschränkter Rostflächen. Im Mittel kann angenommen werden, dass auf 1 qm Rostfläche stündlich 500 000 Kalorien entwickelt werden, unabhängig vom Heizwert der Kohle, wobei jedoch Abweichungen bis zu 25 % nach oben und unten möglich sind.

Folgende Tabelle möge noch zur übersichtlichen Kennzeichnung der verschiedenen Betriebsverhältnisse sowie als Grundlage zur Berechnung feststehender Dampfkessel dienen:

Feststehende Kessel [1].

Art der Verbrennung	In 1 Stunde: 1 qm Heizfläche verbraucht Kohle (kg) Anstrengungsgrad d. Feurg. $B:H$	In 1 Stunde: 1 qm Rostfläche verbrennt Kohle (kg) $B:R$	Verhältnis der Heizfläche zur Rostfläche $H:R$	Zugeführte Luftmenge für 1 kg Brennstoff L_{kg}	Wirkungsgrad der Feuerung η_1	Verbrennungstemperatur in Graden (C) T	Temperatur der Heizgase im Fuchs in Graden (C) T	Wirkungsgrad der Heizfläche η_2	Wirkungsgrad der Kesselanlage η $(=\eta_1\eta_2)$	Des Kessels: Leistung 1 kg Brennstoff erzeugt Dampf (in kg) $D:B$ ohne Vorwärmer	Des Kessels: Leistung $D:B$ mit Vorwärmer	Des Kessels: Anstrengung; 1 qm Heizfläche erzeugt Dampf (in kg) in d. Std. $D:H$ ohne Vorwärmer	Des Kessels: Anstrengung $D:H$ mit Vorwärmer	Art der Feuerungs-Anlage
sehr langsam						856	169	0,862	0,776	8,95	10,01	8,95	10,01	Innenfeurg. $\sigma = 0,3$
(sehr teurer Brennstoff; nur ausnahmsweise zu wählen)	1	40—50 (50)	40—50 (50)	22,0	0,90	978	170	0,861	0,775	8,94	10,00	8,94	10,00	Unterfeurg. $\sigma = 0,2$
						1223	174	0,858	0,762	8,79	9,83	8,79	9,83	Vorfeurg. $\sigma = 0$
langsam						865	233	0,811	0,689	7,95	8,89	15,90	17,78	
(für neue Anlagen unter gew. Verhältnissen)	2	50—70 (50)	25—35 (25)	20,5	0,85	988	246	0,801	0,681	7,86	8,78	15,72	17,56	desgl. w. o.
						1235	272	0,780	0,663	7,65	8,55	15,30	17,10	
						930	314	0,764	0,649	7,49	8,37	22,47	25,11	
normal	3	70-100 (75)	23—33 (25)	19,0	0,85	1062	341	0,743	0,631	7,28	8,14	21,84	24,42	desgl. w. o.
						1328	394	0,713	0,596	6,88	7,69	20,64	23,07	
lebhaft						946	434	0,679	0,543	6,27	7,00	31,35	35,00	
(gesteigerter Fabrikbetrieb; Lokomobilen)	5	100	20	17,5	0,80	1081	482	0,643	0,514	5,93	6,63	29,65	33,15	desgl. w. o.
						1351	586	0,567	0,454	5,24	5,86	26,20	29,30	

Heizkanäle: Dieselben sollen eine lange und innige Berührung der Heizgase mit der Kesselheizfläche und ein Befahren behufs Reinigung von Flugasche und Besichtigung der Kesselwandungen ermöglichen. Erstgenannte Anforderung wird besonders durch Führung der Heizgase in Schlangenlinien

(Kammerkessel) erreicht, damit die Heizgase stets senkrecht auf die Kesselfläche treffen. Bei Wasserröhrenkesseln ist es daher auch zweckmässiger, die zur Führung der Gase dienenden Zwischenwände nicht parallel mit den Sjederöhren, sondern senkrecht zu denselben zu legen; es wird dadurch auch eine gleichmässigere Erwärmung und Ausdehnung des ganzen Röhrenbündels erzielt. Die Querschnitte der Feuerkanäle werden ungefähr gleich den der freien Rostfläche gewählt, wonach eine Geschwindigkeit der Verbrennungsgase von 4—6 m sich ergibt, wenn wie gewöhnlich die kalte Verbrennungsluft durch die Roststäbe mit 1—1,5 sekundl. Geschwindigkeit strömt. Infolge der in den rückwärtigen Feuerzügen auftretenden Verminderung der Heizgastemperaturen ergeben sich für gleiche Gasgeschwindigkeiten abnehmende Kanalquerschnitte.

Schornstein: Derselbe dient zur Erzeugung des für die natürliche Luftzufuhr durch den Rost in den Verbrennungsraum nötigen Zuges. Die Grösse des letzteren hängt dabei von der Höhe des Schornsteins, sowie von dem Temperaturunterschied der im Schornstein aufsteigenden Gase und der äusseren Atmosphäre ab. Für die Berechnung des Schornsteinquerschnitts ist die Menge der abzuführenden Gase, deren Temperatur und die praktisch zweckmässigste Geschwindigkeit derselben massgebend. Im oberen Schornsteinquerschnitt soll die Geschwindigkeit der abzuführenden Gase etwa 2,5—3 m betragen. Kleinere Geschwindigkeit führt leicht zu Stauungen der Heizgase, während grössere Geschwindigkeit eine Vergrösserung der Reibungswiderstände im Kamin verursacht, deren Ueberwindung eine Vergrösserung des Zuges und der Temperatur der abgehenden Gase nach sich zieht. Die Höhe des Schornsteins lässt sich rechnungsmässig nicht feststellen; sie soll mindestens gleich sein dem 25fachen inneren Durchmesser des Schornsteins und nicht kleiner als 16 m genommen werden.

Querschnittsverhältnisse der Rostflächen, Heizkanäle und Schornsteine ausgeführter Kesselanlagen ergibt nachstehende Tabelle über stationäre Dampfkessel und Lokomotivkessel (nach dem Jahresbericht für 1895 des Dampfkesselrevisionsvereins für Halle und Umgegend).

	Braunkohlen		Steinkohlen	
	Planroste	Treppenroste	Planroste	Lokomobilen
Verhältnis der freien zur totalen Rostfläche	1:1,4 1:3,96 1:6,6	1:1,2 1:1,67 1:2,6	1:3,5 1:3,8 1:4,4	1:2,5 1:3,4 1:4,4
Verhältnis der totalen Rostfläche zur Heizfläche	1:9 1:22,6 1:42	1:16 1:22 1:33	1:18 1:23 1:36	1:24 1:35 1:43
Verhältnis des Feuerbrückenquerschnittes zur freien Rostfläche	1:0,6 1:1,16 1:4,0	1:1,1 1:4,1 1:10,5	1:1,3 1:1,7 1:2,5	— — —

	Braunkohlen		Steinkohlen	
	Planroste	Treppenroste	Planroste	Lokomobilen
Verhältnis des engsten Zugquerschnittes zur freien Rostfläche	1:0,43 1:1,37 1:4,0	1:1,4 1:3,15 1:7,0	1:1,0 1:1,2 1:1,4	1:0,8 1:1,7 1:2,7
Verhältnis des Schornsteinquerschnittes zur totalen Rostfläche	1:1,0 1:4,8 1:12,0	1:1,4 1:5,3 1:20,6	1:1,6 1:3,4 1:6,0	1:6,0 1:7,7 1:11,0
Verhältnis des Schornsteinquerschnittes zur freien Rostfläche	1:0,3 1:1,4 1:4,4	1:1,0 1:3,3 1:13,0	1:0,4 1:1,6 1:3,6	1:1,5 1:2,06 1:2,9

Berechnung der Materialstärken. Die Wandstärke δ des auf inneren Druck beanspruchten Kesselmantels berechnet sich mit Berücksichtigung der Schwächung in der Nietnaht aus $\delta = \frac{D}{2} \cdot \frac{p}{K} \cdot \frac{1}{\varphi}$,

wenn D den Durchmesser des Kesselmantels, p den grössten Betriebsdruck, K die zulässige Zugspannung und φ die Festigkeit der Nietnaht im Vergleich zu derjenigen des vollen Blechs bezeichnet.

Durch die Erfahrung haben sich folgende empirische Formeln zur Berechnung der Blechdicke als zweckmässig erwiesen:

Für Schmiedeeisenbleche:

δ mm $= 1{,}5\, D . p + 2$ bei einfacher Nietung, δ mm $= 1{,}2\, D . p + 2$ bei doppelter Nietung.

Für Stahlbleche;

$\delta = 1{,}1\, D . p + 2$ bei einfacher Nietung, $\delta = 0{,}9\, D . p + 2$ bei doppelter Nietung.

Der Durchmesser D ist in m, der Druck p in Atm. eff. einzusetzen.

Für die dem Feuer ausgesetzten Kesselwände (Feuerplatten) werden Bleche I. Qualität, für die übrigen meist Bleche II. Qualität verwendet. Nach den Vorschriften des Vereins deutscher Eisenhüttenleute hat homogenes und geschweisstes Kesselmaterial folgenden Bedingungen für Zugfestigkeit und Dehnung zu genügen:

Zugfestigkeit und Dehnung	Homogenes Material	Geschweisstes Material I. Qualität	Geschweisstes Material II. Qualität
Zugfestigkeit pro qmm längs der Faser	38—47 kg	36	35
quer „ „		34	33
Dehnung in % der ursprüngl. Länge längs der Faser . .	10—25	18	12
quer „ „ . .		17	8

Die Wandstärke der auf äusseren Druck beanspruchten Flammrohre kann nach folgender praktisch erprobten empirischen Formel für die üblichen Konstruktionen der Flammrohrkessel berechnet werden:

$$\delta \text{ mm} = 1{,}8\, D . p + 5,$$

worin D wieder in m, p in Atm. einzuführen ist. — Zur Berücksichtigung der Länge der Flammrohrstutzen bei Bestimmung der Wandstärke der letzteren kann eine von Bach aufgestellte Formel dienen [3]. Die glatten Flammrohre sind ausserdem durch Winkelringe oder Umbördelung ihrer Ränder nebst dazwischen genieteter Blechringe zu versteifen. Die Wellrohre erhalten eine Wandstärke von etwa $^2/_3$ der nach obigem berechneten glatten Rohre.

Ueber die Berechnung und Versteifung ebener Kesselboden s. [3]. — Gewölbte Boden erhalten eine Wandstärke von $\delta' = \delta + 2$ mm, wenn der Krümungsradius der Wölbung = Durchm. des Kesselmantels gewählt wird und die umgebördelten Ränder abgedreht werden.

Litteratur: [1] Taschenbuch Hütte, 15. Aufl., Berlin 1892. — [2] Bericht über Leistungsversuche an 6 Dampfkesseln der intern. elektrotechn. Ausstellung zu Frankfurt a. M. von W. Gyssling, Frankfurt a. M. 1893. — [3] C. Bach, Maschinenelemente, 4. Aufl., Stuttgart 1895. — [4] Reiche, Anlage und Betrieb der Dampfkessel, 2. Aufl., Aachen 1889. — [5] C. Thalwitzer, Zusammenstellung von Dampfkesselversuchen, Wien 1889. *Gutermuth.*

Dampfkesselbetrieb. Da der Betrieb eines Dampfkessels bei nicht genügender Aufsicht und nicht sachverständiger Behandlung eine grosse Gefahr für die Umgebung einer Dampfkesselanlage bildet, bestehen in fast allen Kulturstaaten gesetzliche Bestimmungen und Verordnungen der zuständigen Behörden, nach denen die sachgemässe Ausführung, Aufstellung und Bedienung der Dampfkessel, sowohl der stationären, als auch der Lokomobil-, Lokomotiv- und Dampfschiffskessel zu erfolgen hat.

Für das deutsche Reich sind in dieser Hinsicht massgebend: 1. § 24 und 25 der Reichsgewerbeordnung vom 21. Juni 1869, giltig für das deutsche Reich (mit Ausnahme von Elsass-Lothringen) seit 1. Januar 1873. 2. Die Ausführungsbestimmung zu § 24 der Gewerbeordnung, erlassen vom Bundesrat am 29. Mai 1871 (Reichsgesetzblatt 71, 122), gegeben unter dem Titel „Allgemeinpolizeiliche Bestimmungen über die Anlegung von Dampfkesseln". 3. Allgemeine polizeiliche Bestimmungen über die Anlegung von Dampfkesseln (Erlass des Bundesrates gemäss Bekanntmachung des Reichskanzlers vom 5. August 1890), eine Erweiterung der unter 2. angeführten Bestimmungen. 4. Die Bestimmungen über die Genehmigung, Prüfung und Revision der Dampfkessel (nach einer Vereinbarung der verbündeten Regierungen des Reiches in der Bundesratssitzung vom 3. Juli 1890), (3. und 4. s. Taschenbuch der „Hütte", 15. Aufl., Bd. 1, S. 788 u. ff.) — Für Preussen gelten die folgenden Gesetze und Bestimmungen: 1. Gesetz, den Betrieb der Dampfkessel betreffend, vom 3. Mai 1872. 2. Anweisung, betr. die Genehmigung und Untersuchung der Dampfkessel (Erlass des Ministeriums für Handel und Gewerbe vom 16. März 1892). Für Lokomotiv- und Dampfschiffskessel sind besondere Bestimmungen erlassen, so im Bahnpolizeireglement für die Eisenbahnen Deutschlands (C. B. 75, 57), in der Bahnordnung für deutsche Eisenbahnen untergeordneter Bedeutung (C. B. 80, 341), und für die deutsche Kriegsmarine das durch den Chef der Admiralität erlassene Regulativ vom 7. Februar 1873. — Für Bayern gelten als Landesverordnungen noch die bayerischen Verordnungen vom 21. Januar 1872, für Sachsen die sächsischen Verordnungen vom 6. Juli 1871.

Die Massnahmen an Dampfkesseln, welche gesetzlich oder durch behördliche Bestimmungen vorgeschrieben sind, lassen sich in zwei Hauptklassen einteilen, 1. diejenigen vor der Inbetriebsetzung eines Dampfkessels und 2. nach der Inbetriebsetzung, also während des Betriebes. Für die Inbetriebsetzung gelten in Preussen die §§ 20—27 der oben unter 2. erwähnten Anweisung vom 16. März 1892, wonach Dampfkessel, bevor sie in Betrieb gesetzt werden dürfen, durch die zuständigen Kesselprüfer einer Prüfung der Bauart (Konstruktionsprüfung), einer Wasserdruckprobe und einer Abnahmeprüfung zu unterwerfen sind. Als zuständige Kesselprüfer bezeichnen die §§ 2 und 3 derselben Anweisung bei staatlichen Betrieben die Leiter dieser Anstalten, deren Stellvertreter oder besonders bestellte Prüfungsbeamte, ferner die an kgl. Regierungen durch

dieselben hierzu angestellten Bau- oder Maschineninspektoren, die Gewerbeinspektoren und deren Assistenten, bezw. bei noch nicht vorhandenen Gewerbeinspektionen die zur Zeit des Erlasses der Anweisung damit beauftragten Kreisbaubeamten oder besonders dazu berufenen Sachverständigen. Bei Vereinen von Dampfkesselbesitzern, welche eine regelmässige und sorgfältige Ueberwachung der Kessel vornehmen lassen, sogen. Dampfkesselüberwachungs- oder Dampfkesselrevisionsvereinen, werden die Prüfungen der Dampfkessel von besonders dazu angestellten Ingenieuren nach Massgabe der ihnen vom Minister für Handel und Gewerbe verliehenen Berechtigungen ausgeführt. Die Prüfung der Bauart hat die Untersuchung des Kessels in Bezug auf die Zusammensetzung, das Material und auf die Ausführung des Kessels zum Gegenstand. Die Wasserdruckprobe bezweckt die Prüfung der Widerstandsfähigkeit und Dichtigkeit des Kessels und muss bei Kesseln für nicht mehr als 5 Atm. Ueberdruck mit dem zweifachen Druck des beabsichtigten Ueberdrucks, für alle Kessel mit höherem Drucke mit einem Ueberdruck, welcher den höchsten beabsichtigten Ueberdruck um 5 Atm. (1 Atm. = 1 kg/qcm) übersteigt, vollzogen werden. Sie erfolgt vor der Ummantelung oder Einmauerung des Kessels, damit derselbe von allen Seiten leicht zugänglich ist und jede Undichtigkeit, welche sich durch herausschwitzendes oder herausspritzendes Wasser erkenntlich macht, sofort erkennbar wird. Die Abnahmeprüfung hat festzustellen, ob die Ausführung der Kesselanlage den Bestimmungen der erteilten Genehmigung entspricht, und findet nach der Einmauerung oder Ummantelung des Kessels an Ort und Stelle statt, während die Wasserdruckprobe auch in der Kesselfabrik nach erfolgter Fertigstellung des Kessels stattfinden darf.

Zum vollständigen betriebsfähigen Zustand eines Dampfkessels muss derselbe mit der Armatur (s. d. und Ausrüstung der Lokomotivkessel, sowie Dampfkesselarmatur) versehen sein, und unterscheidet man sogen. grobe und feine Armatur; zur ersteren gehören Roststäbe, Rostträger, Feuergeschränke, Zugabsperrvorrichtungen, Regulirschieber und Absperrvorrichtung bei Kesseln mit Gasfeuerung, Fülltrichter mit Deckeln bei Feuerungen mit Füllvorrichtungen, Halbgasfeuerungen etc.; zu letzteren die Ein- und Auslassventile für Wasser und Dampf, die Sicherheits- und Kontrollvorrichtungen, von welchen in den Allgem. poliz. Bestimmungen vom 5. August 1890 folgende vorgeschrieben sind: 1. ein Speiseventil; 2. zwei zuverlässige, von einander unabhängige Speisevorrichtungen, deren jede für sich allein im stande sein muss, dem Kessel die zur Speisung erforderliche Wassermenge zuzuführen; 3. ein Wasserstandsglas und eine zweite Vorrichtung zur Erkennung des Wasserstandes; 4. eine den niedrigsten zulässigen Wasserstand anzeigende, am Wasserstandsglas befindliche, und eine zweite ebensolche, am Kesselmauerwerk oder der Kesselwand befestigte Marke; 5. mindestens ein zuverlässiges Sicherheitsventil; 6. ein zuverlässiges Manometer mit einer, den festgesetzten höchsten Dampfdruck deutlich bezeichnenden Marke; 7. ein die festgesetzte höchste Dampfspannung, den Namen des Fabrikanten des Kessels, die laufende Fabriknummer und das Jahr der Anfertigung des Kessels enthaltendes metallenes Schild.

Vor dem Inbetriebsetzen eines Dampfkessels sind alle Armaturen nachzusehen, ob dieselben an richtiger Stelle und in der vorgeschriebenen Anzahl etc. vorhanden sind, leicht und richtig funktioniren und dampfdicht sind, wovon man sich allerdings erst nach dem Anheizen und nach erfolgter Dampfbildung überzeugen kann. Vor dem Anheizen sind sämtliche Züge nochmals nachzusehen, ob dieselben nicht etwa verstopft oder durch Bauschutt verengt wurden, in welchem Falle sie zu reinigen sind. Hierauf wird der Kessel bis zur Höhe des mittleren Wasserstandes gefüllt und die Kesselmauern durch ein langsam brennendes Feuer, welches je nach der Grösse und Lage des Kessels (isolirt oder in einer im Betrieb befindlichen Batterie) oft mehrere Tage lang brennt, ausgetrocknet. Beim ersten stärkeren Anheizen zur Dampferzeugung muss das Sicherheitsventil öfters angehoben werden, um die im Kessel noch enthaltene Luft auszublasen. Da beim Anheizen des Kessels der Schornstein noch kalt ist, wird zur Vermehrung des Zuges am Boden des Schornsteins ein schwaches Stroh- und Reiserfeuer angezündet und hierdurch die Luftsäule im Schornstein angewärmt. Das Anheizen muss überhaupt möglichst langsam und sorgfältig erfolgen, um ein allmäliches Anwärmen des ganzen Kessels zu bewirken und zu rasche Spannungsänderungen zu vermeiden.

Für das Verhalten des den Kessel bedienenden Wärters, des Heizers, sind zahlreiche Verhaltungsmassregeln aufgestellt worden und werden dieselben in

den Kesselhäusern aufgehängt. Erwähnt seien die folgenden, von C. Haage, Oberingenieur des sächsischen Dampfkesselrevisionsvereins, zusammengestellten Regeln für Dampfkesselheizer, welche sich inhaltlich mit den in den meisten deutschen Staaten erlassenen Dienstvorschriften für Dampfkesselheizer decken.

1. Vor dem Anheizen eines Dampfkessels hat sich der Heizer davon zu überzeugen, ob die erforderliche Wassermenge im Kessel ist und erforderlichenfalls die Einführung des fehlenden Wassers zu bewirken. 2. Beim Anfeuern ist die Hitze nur allmälich zu steigern, und muss sich der Heizer hierbei davon überzeugen, dass die Sicherheitsapparate und Wasserstandszeiger in vorschriftsmässigem Zustande und insbesondere die Sicherheitsventile nicht überlastet sind. 3. Während des Betriebs müssen die Wasserstandszeiger mit Hilfe der an ihnen befindlichen Hähne oder Ventile öfters probirt und vorhandene Schwimmer auf freies Spiel derselben untersucht werden. 4. Das Manometer ist von Zeit zu Zeit darauf zu prüfen, ob seine Angabe dem Nullpunkt entspricht, wenn es abgesperrt wird. 5. Die Sicherheitsventile sind täglich einigemale durch Anheben zu lüften, wobei sie Dampf abblasen müssen. Eine Vermehrung der Belastung der Ventile ist verboten und auch dann unstatthaft, wenn dieselben vor Erreichung des höchsten zulässigen Dampfdruckes abblasen. 6. Dies Lüften hat vorsichtig zu geschehen, ebenso wie das Oeffnen aller am Kessel befindlichen Hähne und Ventile. 7. Die Speisevorrichtungen sind dauernd in vorschriftsmässigem Zustand zu erhalten und so oft zu benützen, dass der Wasserstand im Kessel stets über der Marke des niedrigsten Wasserstandes bleibt. 8. Kommen die Speisevorrichtungen während des Kesselbetriebs so in Unordnung, dass sie das erforderliche Wasser nicht mehr beschaffen und das Wasser fortwährend sinkt, bis es sogar unter der Marke des niedrigsten Wasserstandes steht, so ist die Heizung des Kessels zu unterbrechen und das Feuer vom Rost zu entfernen. 9. Eine Ueberschreitung des für den Kessel genehmigten höchsten Dampfdruckes ist unzulässig. Steigt der Druck in unerwünschtem Masse, so ist der Kessel zu speisen und gleichzeitig der Zug zu vermindern. Wenn dies zur Verhinderung der weiteren Drucksteigerung nicht genügt, muss die Heizung des Kessels unterbrochen werden. 10. Während der Arbeitspausen oder kurz vor denselben, sowie am Schlusse der Arbeitszeit ist der Kessel unter gleichzeitiger Verminderung des Zugs zu speisen. Mit dem Schlusse der Arbeitszeit hat der Heizer das Feuer vom Roste zu entfernen, denselben von Asche und Schlacken zu reinigen und den Zugschieber nebst Ofen- und Aschenfallthüren zu schliessen. 11. So lange der Kessel noch Dampf erzeugt, darf der Heizer seinen Posten nicht verlassen. Auch ist es dem Heizer nicht gestattet, sich während der Arbeitspausen von dem ohne Aufsicht befindlichen Kessel zu entfernen oder seine Obliegenheiten anderen Arbeitern ohne Genehmigung seines Vorgesetzten zu übertragen. 12. Die in angemessenen Zwischenräumen auszuführende Reinigung des Kessels von Schlamm und Kesselstein, sowie der Feuerzüge von Russ- und Flugasche wird unter Mitwirkung des Heizers vorgenommen. Der letztere hat hierbei, soweit es die Bauart des Kessels zulässt, dessen Wandungen innerlich und äusserlich genau zu besichtigen, nachzusehen, ob sich Risse oder Schiefer eingestellt haben oder Rillen und Gruben im Kesselblech vorhanden und ob dadurch oder durch Rost merkliche Verminderungen der Wanddicke oder vielleicht sogar schon Undichtheiten des Kessels eingetreten sind. Die hierbei gemachten Wahrnehmungen hat der Heizer seinem Vorgesetzten oder dem Kesselbesitzer, nach Befinden mit dem Antrage sofortiger Reparatur sofort und genau mitzuteilen. 13. Das Ausblasen eines Dampfkessels darf erst vorgenommen werden, nachdem das Feuer vom Roste entfernt worden ist und der Kessel, sowie das Mauerwerk sich genügend abgekühlt hat. Auch ist das Einführen kalten Wassers in einen abgeblasenen, noch heissen Kessel unzulässig. 14. Bei Kesseln, welche in besonderen Kesselhäusern aufgestellt sind, dürfen die letzteren anderen Arbeitern oder sonstigen Personen nicht als Aufenthaltsort oder Durchgang dienen. Auch hat der Heizer dafür zu sorgen, dass das Kesselhaus frei von Dingen bleibt, welche die Arbeit hindern und die Gefahr eines Brandes oder einer Explosion vermehren könnten. 15. Der Heizer ist für alle Schäden verantwortlich, welche aus seiner Unachtsamkeit oder Fahrlässigkeit entstehen und durch Beachtung der vorstehenden Verhaltungsmassregeln hätten vermieden werden können. Darüber, dass er die letzteren genau kenne, hat er sich dem revidirenden technischen Beamten gegenüber auszuweisen [1].

Der sachgemässe Kesselbetrieb [2] erstreckt sich einerseits auf die Feuerung, andererseits auf die Dampferzeugung. — Die richtige Behandlung der Feuerung ist von grösster Wichtigkeit für die Oekonomie des Kesselbetriebs. Aus Wettheizversuchen, welche 1885 zu Magdeburg angestellt wurden [3], ergab sich das sehr interessante Resultat, dass die Ausnützung der Kohle bei verschiedenen Heizern eine ganz verschiedene ist und bei Steinkohlen Unterschiede von 44%, bei Braunkohlen sogar von über 100% vorkamen. Haupterfordernisse für richtige Heizung sind: möglichst gleichförmiges Brennmaterial, Vermeiden des Vorkommens grosser Stücke in den Kohlen; ferner richtige und gleichmässige Schütthöhe auf dem ganzen Rost, welche im allgemeinen bei Braunkohlen 6 cm, bei Steinkohlen 10 cm und bei Koks 20 cm beträgt. Eine weitere Bedingung der richtigen Feuerung ist die richtige Luftzufuhr. Bei ungenügender Luftmenge gehen unverbrannte Gase als Rauch nutzlos verloren, bei zu grosser Luftzufuhr (Luftüberschuss) findet ein Wärmeverlust durch die unnötig erwärmte, durch den Kessel streichende überschüssige Luft statt. Die Regulirung der richtigen

Luftzufuhr geschieht hauptsächlich durch den im Fuchs des Kessels angebrachten Fuchsschieber und je nach Bedarf auch durch Verstellen der Thür des Aschenfalls oder eines in der Feuerthür befindlichen Schiebers. Um dem Heizer eine fortwährende Kontrolle der Feuerung zu ermöglichen, wendet man in neuerer Zeit vielfach Apparate an, welche den Kohlensäuregehalt der Abgase anzeigen und meistens am vordern Kesselmauerwerk befestigt sind. Hierher gehören die Arndt'sche Gaswage oder das Oekonometer, das Dasymeter (s. d.) von Walther Dürr, die Lux'sche Gaswage, der Custodis'sche Kohlensparer etc. (s. Gasmesser). Zur Regulirung des Luftzutritts dienen ferner die Zugregulatoren, so diejenigen der Rheinischen Apparaten-Bauanstalt in Brühl bei Köln (D. R. P. Nr. 58050), der Schornsteinregulator von Speckbötel u. a. — Eine grössere Anzahl neuerer Feuerungsanlagen bezwecken eine Vorwärmung der Verbrennungsluft, indem dieselbe durch Rohre, welche im Fuchs oder in den Zügen oder in den Flammenrohren oder über dem Kessel liegen, zum Rost geleitet wird. Ausserordentlich wichtig für den vorteilhaften Betrieb eines Kessels, für seine Haltbarkeit und die Verhütung von Kesselsteinablagerungen und die dadurch verursachte Explosionsgefahr ist die Beschaffenheit des Kesselspeisewassers. Dasselbe wird in neuerer Zeit vielfach durch besondere Reinigungsapparate gereinigt (s. Speisewasserreiniger) und vor dem Einpumpen in den Kessel vorgewärmt.

Alle dauernd oder nur in bestimmten Zeitabschnitten im Betrieb befindlichen oder nur als Reservekessel dienenden Kessel unterliegen den gesetzlichen Bestimmungen über die regelmässigen technischen Untersuchungen (s. die oben citirte Anweisung vom 16. März 1892, Abschn. V); dieselben werden bei Kesseln, welche Mitgliedern der Dampfkesselüberwachungsvereine gehören, von den Revisionsbeamten dieser Vereine, sonst von den staatlichen Prüfungsbeamten ausgeführt und ist eine äussere, eine innere Prüfung oder auch eine Druckprobe vorgeschrieben, von welchen die erstere bei stationären Kesseln alle 2 Jahre, bei beweglichen und Schiffskesseln alljährlich, die zweite bei stationären Kesseln alle 4 Jahre, bei beweglichen alle 3 Jahre und bei Schiffskesseln alle 2 Jahre, die Wasserdruckprobe bei stationären Kesseln mindestens alle 8 Jahre, bei beweglichen und Schiffsdampfkesseln alle 6 Jahre stattfindet und bei den letzten beiden Systemen mit der in demselben Jahre fälligen inneren Untersuchung womöglich zu verbinden ist. Nach jeder Hauptreparatur, sofern eine solche in der Kesselfabrik ausgeführt oder der Kessel zur Ausbesserung an der Betriebsstelle ganz blossgelegt worden ist, hat ebenfalls eine Wasserdruckprobe stattzufinden. Jeder einem Dampfkesselüberwachungsverein angehörige oder unter staatlicher Aufsicht stehende Kessel besitzt ein Revisionsbuch, in welchem der Zeitpunkt und die Ergebnisse aller Prüfungen und Untersuchungen einzutragen sind.

Litteratur: [1] Verhaltungsregeln mit Erläuterungen für Dampfkesselheizer etc. von Cl. Haage, 2. Aufl., Leipzig 1894. — Bau und Betrieb der Dampfkessel von H. Haeder, 3.—5. Tausend, S. 312 ff., Duisburg 1895. — v. Reiche, Dienstvorschriften für Dampfkesselheizer, Hagen i. W. 1873. — [2] Schlippe, E., Der Dampfkesselbetrieb, 2. Aufl., Berlin 1892. — [3] Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ingen. 1886, S. 123. — Ferner ist nachzusehen: v. Reiche, Anlage und Betrieb der Dampfkessel, 2. Aufl., Leipzig 1888. — Brauser und Spennrath, Heizer und Kesselwärter. 3. Aufl., 1891. — Pechan, F., Leitfaden des Dampfbetriebes, Reichenberg 1892. — Simerka, V., Dampfkessel und Dampfmaschinen und ihre Wartung, 3. Aufl., Pilsen 1893. — Jaeger, H., Handb. f. d. Konzessionirung und den Betrieb der Dampfkessel in Preussen, Bonn 1893. — Mayer, W., Die praktische Wartung der Dampfkessel und Dampfmaschinen, Wien 1893. — Schwartze, Katechismus der Dampfkessel etc., 5. Aufl., Leipzig 1894. — Scholl-Brauer, Führer der Maschinisten, 11. Aufl., 2. Ausg., 1894. — Kosak, G., Katechismus der Einrichtung u. des Betriebs stationärer Dampfkessel u. Dampfmasch., 9. Aufl., Wien 1895. — Pohlhausen, A., Die Dampfkesselanlagen, 2. Aufl., Mittweida 1895. — Schanoj, Ad., Anleitung zur Wartung von Dampfkesseln etc., Wien 1895. — Zahlreiche Abhandlungen in Bezug auf Dampfkesselbetrieb sind angegeben in dem Inhaltsverzeichnisse der Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ingen., Jahrg. 1884—1893, Berlin 1895.

Dampfkesseleinmauerung. Die aus Mauerwerk ausgeführte Ummantelung der stationären Kessel oder Einmauerung, durch welche die den Kessel umgebenden Feuerzüge gebildet, die Wärmeausstrahlung des Kessels verringert bezw. ganz verhindert werden soll und der Kessel getragen wird, besteht aus dem Fundament des Kessels, den Seiten-, Vorder- und Hinterwänden, dem Anschlusskanal an den Schornstein oder den Fuchs und der Abdeckung des Kessels. — Bei der Berechnung

des Fundaments ist das Gewicht des ganz mit Wasser gefüllten Kessels im betriebsfähigen Zustande mit allen Armaturen in Rechnung zu setzen. Die zur Unterstützung des Kessels dienenden Böcke sind so zu bemessen, dass der Druck pro qcm der oberen Fläche nicht mehr als 6 kg beträgt. Die Böcke müssen gegen die Aussenringe oder Schüsse von grösserem Durchmesser drücken, sollen jedoch nicht direkt unter einer Quernaht stehen, sondern seitlich daneben. Bei vorhandenem hohem Grundwasser oder feuchtem Boden muss eine Isolirschicht aus Asphalt angebracht werden. Als Steinmaterial dienen gewöhnliche Ziegel und feuerfeste Steine, letztere für den Anschluss des Mauerwerks an den Kessel unter dem niedrigsten Wasserstand, ferner für das Herdmauerwerk oder den Feuerungsraum bei Unter- und Vorfeuerungen sowie für die Feuerbrücke, kurz, an allen Stellen, welche von den Stichflammen noch getroffen werden. Längere Züge können auch nur mit feuerfesten Steinen verblendet werden. Die Stärke der Seiten- und Stirnwände beträgt $1^1/_2$—2 Stein (38—51 cm). Alle Kesselmauern müssen mindestens 80 mm von den Gebäudemauern entfernt sein. Ueberdeckungen und Anschlüsse an den Kessel sind nicht durch Gewölbe, sondern durch allmäliches Vorkragen des Mauerwerks auszuführen. Die Abdeckung der Kessel erfolgt durch eine Lehmschicht und eine darüber befindliche Schicht aus Schlacke, Asche, Sand etc. Kesselteile, welche aus dem Mauerwerk heraustreten, Armaturenstutzen, vorderer Boden bei Flammrohrkesseln etc. dürfen vom Mauerwerk nicht berührt werden; vielmehr soll ringsum ein durch Schlackenwolle oder sonstiges unverbrennliches und gut isolirendes Material ausgefüllter Spielraum von 30 bis 50 mm bleiben. — Die Verankerung des Kesselmauerwerks zur Befestigung desselben und zur festeren Verbindung des Kessels mit dem Mauerwerk geschieht durch aufrecht stehende, zum Teil in das Fundament eingelassene Schienen und Doppel-T-Eisen, durch Längsanker aus zölligem bis $1^1/_2$zölligem Rundeisen mit gegen gusseiserne Rosetten geschraubten Muttern, sowie durch Queranker, welche häufig aus [-Eisen ausgeführt werden, über dem Kesselmauerwerk liegen und mit den lotrecht stehenden Schienen verbunden sind (s. a. Feuerungen).

Litteratur: Radinger, Bericht über die Dampfkessel der Wiener Weltausstellung, 1873. — Taschenbuch d. Hütte, 15. Aufl., Berlin 1892, Bd. 1, S. 778. — Haeder, Bau und Betrieb der Dampfkessel, Düsseldorf 1895, 3.—5. Taus., S. 235.

Dampfkesselexplosion. Zur Erklärung der Entstehung von Dampfkesselexplosionen dienten früher die physikalischen Erscheinungen des Sphäroidalzustandes, des Siedeverzuges und der Knallgasbildung.

Der Sphäroidalzustand oder das Leidenfrost'sche Phänomen zeigt, dass ein auf eine glühende Platte fallender Wassertropfen nicht plötzlich, sondern langsam verdampft; es bildet sich zwischen dem Tropfen und der Platte eine dünne Dampfschicht, die als schlechter Wärmeleiter die Uebertragung der Wärme von der Platte auf das Wasser beeinträchtigt. Erst nachdem die Platte sich auf einen gewissen Grad abgekühlt hat, erfolgt eine plötzliche Verdampfung des Tropfens. Die gleichen Erscheinungen sollen unter gewissen Umständen zwischen überhitzten Kesselwänden und Wasser auftreten können. Versuche mit Kesseln, deren Bleche an einzelnen Stellen absichtlich rotglühend gemacht wurden, haben nachgewiesen, dass die bei plötzlicher Abkühlung der Bleche eintretende Steigerung der Dampferzeugung nicht im Stande ist, eine Explosion herbeizuführen. Dieses Resultat lässt sich auch durch Rechnung leicht erweisen. — Der Siedeverzug soll dadurch entstehen, dass Kesselwasser, welches durch mehrmalige Verdampfung luftfrei geworden ist und beim Anheizen in vollständiger Ruhe sich befindet, sich über die Temperatur des Dampfes erwärmen lasse, die dem Kesseldruck entspricht. Durch eine plötzlich im Kessel hervorgerufene Bewegung, wie beispielsweise durch Oeffnen des Dampfventils, wird der Siedeverzug aufgehoben und eine plötzliche Verdampfung durch die im Wasser enthaltene überschüssige Wärme eintreten müssen. Bei diesbezüglichen, an Dampfkesseln ausgeführten Versuchen gelang es jedoch nicht, einen Siedeverzug herzustellen und noch viel weniger, eine Kesselexplosion hervorzurufen. — Knallgasbildung sollte die Ursache solcher Explosionen sein, die mit ungewöhnlich heftigen Detonationen erfolgten und auf natürliche Weise sich nicht erklären zu lassen schienen. Es soll dabei durch Erglühen der Kesselwand eine Zersetzung des Wassers in Sauerstoff und Wasserstoff erfolgen, der freigewordene Wasserstoff mit der im Wasser absorbirten Luft zu Knallgas sich vereinigen und an den glühenden Wänden sich entzünden. Diese Erklärung ist nicht stichhaltig, da die Bildung eines explosiven Gasgemisches neben dem im Dampfraum vorhandenen grossen Dampfvolumen ausgeschlossen erscheint, andererseits der bei der Zersetzung des Dampfes entstehende Wasserstoff nach Freiwerden an den glühenden Blechen wieder langsam verbrennen müsste. Es wird daher die Hypothese der Knallgasbildung als die unhaltbarste Erklärung der Kesselexplosionen angesehen.

Die wirklichen Ursachen der Kesselexplosionen können in folgenden Umständen gefunden werden: fehlerhafte Konstruktion, schlechtes

Material, Altersschwäche, nachlässige Bedienung. Fehlerhafte Konstruktion kann gegeben sein in der Verwendung zu schwacher Bleche, mangelhafter Verankerung und nachlässiger Arbeit. Altersschwäche entsteht durch inneres und äusseres Abrosten der Kesselbleche, Stehbolzen und Anker, ferner durch Beulenbildung in den Blechen infolge undichter Nieten, Nietnähte oder Garniturteile. — Bei nachlässiger Bedienung entstehen Kesselexplosionen infolge Wassermangels, zu hoher Dampfspannung oder zu starker Kesselsteinbildung. Der Wassermangel entsteht meist durch vernachlässigte Speisung, ferner durch Ueberkochen oder plötzliche Undichtheit. Durch Wassermangel werden Teile der Heizfläche blossgelegt und erglühen. Die dadurch entstehende Verminderung der Festigkeit des Bleches gibt zu Beulen oder Rissen Veranlassung, die des weiteren eine Explosion im Gefolge haben können. Eine Ueberschreitung der zulässigen Dampfspannung kann nur eintreten, wenn die Sicherheitsventile schlecht funktioniren oder das Manometer unrichtig zeigt. Die Kesselsteinbildung verursacht leicht eine Ueberhitzung der Bleche, die durch die damit verbundene Festigkeitsverminderung zur Beulen- und Rissebildung Veranlassung gibt. — Bei sämtlichen Ursachen ergibt sich somit, dass stets die Kesselwände gegenüber dem entwickelten Dampfe zu schwach sind. Es bildet sich dann an der überangestrengten Stelle zunächst ein Riss, der bei einer möglichen weiteren Vergrösserung eine solche Entlastung des Dampfkessels durch Ausströmen von Wasser und Dampf bewirken kann, dass die mit der Druckverminderung freiwerdende Wärme des Wassers plötzlich eine massenhafte Dampfentwicklung bewirkt und eine wirkliche Explosion des Kessels herbeiführt.

Der Zentralverband der preussischen Dampfkesselüberwachungsvereine in Gemeinschaft mit dem Verbande deutscher Privat-Feuerversicherungs-Gesellschaften und dem internationalen Verbande der Dampfkesselüberwachungsvereine hat folgende Definition der Dampfkesselexplosion aufgestellt: Erleidet die Wandung eines Dampfkessels eine Trennung in solchem Umfange, dass durch Ausströmen von Wasser und Dampf eine plötzliche Ausgleichung der Spannungen innerhalb und ausserhalb des Kessels stattfindet, so ist dieser Unfall als Explosion zu bezeichnen. *Gutermuth.*

Dampfkesselfabrikation erfordert zur thunlichsten Einschränkung der Explosionsgefahr, dass nur ausgesuchte tadellose Bleche, Winkeleisen, Nieten etc. zur Verwendung gelangen und in durchaus solider Weise verarbeitet werden. Der Verband deutscher Kesselrevisionsvereine hat in Rücksicht auf die grosse Wichtigkeit der Sache Normen [1], [2] aufgestellt, welche insbesondere für die Blechstärken und Qualitäten bezw. deren Prüfung gelten. Der Magdeburger Verein für Dampfkesselbetrieb hat nachfolgende Kesselbau-Regeln zur Beachtung empfohlen:

I. Regeln über das Kesselmaterial.

1. Das zu den Kesseln zu verwendende Material muss die sogen. Würzburger Normen [2] mindestens erfüllen und von einem zuverlässigen Hüttenwerke bezogen werden. 2. Bei Bestellung der Bleche ist vom Hüttenwerke zu bedingen, dass die Bleche alle mit Unterscheidungsmerkmalen und mit den Massen bezeichnet werden. Ferner kann verlangt werden, dass die Bleche auf der Hütte von einem vereidigten Sachverständigen nach den Grundsätzen oben genannter Würzburger Normen abgenommen, auf Festigkeit, Dehnung und Biegungswinkel untersucht und gestempelt werden. 3. An Proben sind zu nehmen: von 50% der Feuerbleche Längsstreifen, von den übrigen 50% der Feuerbleche Querstreifen, von 25% der Bördelbleche Längsstreifen, von 25% anderer Bördelbleche Querstreifen, von 12% der Mantelbleche Längsstreifen, von 12% anderer Mantelbleche Querstreifen. 4. Bei Verwendung von Schweisseisen sind in Feuerblechqualität zu wählen die Bleche über dem Roste und bis mindestens $^1/_2$ m dahinter. Bördelblechqualität ist zu wählen für allerlei Bleche, welche gebördelt werden, als: gekrempte Kesselböden, Verbindungsstutzen, gekrempte Flammrohrschüsse, gekrempte Quersieder, gekrempte Dommäntel und Domböden, Heizröhrenböden und mindestens 3 m hinter der Feuerblechqualität, wenn die Kessellänge überhaupt so weit reicht. Bei Verwendung von Flusseisen sind die Bestimmungen in VI [2] der genannten Würzburger Normen für die Wahl der Qualitäten massgebend.

II. Regeln über Kesselkonstruktion.

5. Die Blechstärken und die Verhältnisse der Niet- und Schraubenverbindungen werden im allgemeinen nach den Regeln der Hamburger Normen bestimmt. 6. Die Längsnähte des Kesselmantels sind möglichst derart anzuordnen, dass sie nicht vom Mauerwerk und Kesselträgern verdeckt sind, damit sie ohne deren Beseitigung nachgestemmt werden können. Die Längsnähte der auf einander folgenden Schüsse des Mantels sind mindestens um sechs Nietentfernungen zu versetzen. Dabei darf keine Mantel-Längsnaht im ersten Zugkanale liegen. 7. Bei Flammrohren soll der erste Schuss cylindrisch sein und bei Steinkohlen-Innenfeuerungen mindestens bis $^1/_2$ m hinter den Rost reichen; die Längsnähte desselben dürfen nicht höher als $^1/_4$ des Durchmessers unter der Rohrmitte liegen. Die übrigen Längsnähte der Flammrohre dürfen nicht über der Rohrmitte liegen; sie müssen in den auf einander

folgenden Schüssen um mindestens vier Nietabstände versetzt und der Zugänglichkeit wegen nach der Kesselmitte zu gerichtet sein. 8. Im ersten Zugkanale sollen die strömenden Feuergase nicht gegen die Blechkanten der Rundnähte stossen; das ist mindestens bei den vorderen Rundnähten zu beachten. 9. Ankervernietungen sollen von Feuergasen überhaupt nicht berührt werden. 10. Verschraubungen und etwaige andere nicht genietete Verbindungen von Kesselteilen dürfen weder von Feuergasen getroffen, noch von Mauerwerk oder Kesselumhüllungen verdeckt werden. 11. Jedes Flammrohr erhält auf ungefähr 3 m Länge einen Versteifungsring. Jeder dieser Ringe ist möglichst in der Mitte zwischen den Rundnähten eines Schusses anzuordnen. Der radiale Abstand des Ringes vom Rohre beträgt 40 mm, die Umfangsentfernung seiner Befestigungsnieten ungefähr 150 mm. Die Flammrohre erhalten ausser den beiden Endbefestigungen keine weitere Unterstützung. 12. Zwischen den beiden Flammrohren, sowie zwischen Mantel und Flammrohr muss überall ein Abstand von mindestens 150 mm frei bleiben. Mindestens auf die Länge eines Schusses müssen beide Flammrohre von einander einen Umfangsabstand von nicht unter 280 mm haben. Bei kleinen Kesseln sind 250 mm zulässig. 13. Jeder Kessel soll im allgemeinen zwei Mannlöcher erhalten, von denen das eine unten, das andere oben am Kessel, wenn angängig im Domboden, anzubringen ist. 14. Die Mannlöcher sind im Lichten 300.400 mm gross zu machen und die Ränder derselben sind mit schmiedeeisernen Aufsätzen oder mit Ringen zu verstärken. Der Verschlussdeckel ist ebenfalls aus Schmiedeeisen herzustellen und von der Dampfseite her anzudichten. Die Dichtung des Deckels muss in einer Art Falz liegen. 15. Bei zusammengesetzten Kesselsystemen ist stets dafür zu sorgen, dass Dampf- und Luftblasen innerhalb des Wasserraumes nirgends stehen bleiben können. 16. Das Wasser muss stets ohne Dampfdruck, von selbst, vollständig rein abfliessen können. 17. Die Höhe des Dampfraumes, d. i. der Abstand des niedrigsten Wasserstandes vom Kesselscheitel, soll gleich dem vierten Teile des Kesseldurchmessers sein. 18. Die Kesselböden sind je aus einem Stück herzustellen. 19. Alle Krempen sind schlank zu biegen und zwar nach einem Kreisbogen, dessen innerer Radius mindestens gleich der $1^1/_2$fachen Blechstärke ist. Die Winkeleisen müssen innerhalb des Winkels stark abgerundete, ausserhalb des Winkels scharfe Ecken haben. 20. Der Dom wird mittelst Krempung auf den Kesselmantel aufgepasst; der Ausschnitt im Kesselmantel erhält nur die Grösse eines Mannloches. Der Domboden wird gekrempt und bei einem Durchmesser von über 500 mm gewölbt. 21. Die Blechanker sind stets auf beiden Seiten mit Winkeleisen anzunieten. Die Dreiecksanker dürfen in jedem Winkeleisen nicht weniger als drei Nieten haben. Die kleinste Entfernung zwischen den Nieten der oberen Anker und den Rohrnieten muss mindestens 200 mm betragen. 22. Die Garnituren dürfen nicht direkt am Kesselkörper selbst befestigt werden, sondern es sind dazu Zwischenstutzen einzupassen, welche mit untergelegten Scheiben von ungefähr 4 mm starkem Eisenblech oder dergl. an die Kesselwandungen anzunieten sind. 23. Die Garnitur-Flantschen der Stutzen sind auf der Planseite und an dem Umfange, dem Flantsch des Garniturteiles entsprechend, sauber abzudrehen und für das Dichtungsmaterial mit einem Falz zu versehen. Wo ein solcher Falz fehlt, da ist ein Bandeisen gemeinschaftlich um beide Flantschen zu legen. 24. Im übrigen sind die gusseisernen Stutzen kräftig und solide, mit Vermeidung scharfer Ecken am Uebergange zu den Flantschen herzustellen und bei Stutzen von 60 mm innerem Durchmesser an mit Versteifungsrippen zu versehen. 25. Für richtige, wagerechte und lotrechte Anbringung der Stutzen und Garniturteile hat die Kesselfabrik alle Sorgfalt aufzuwenden. 26. Bei allen Ventilen sind Sitz, Kegel, Spindel, Muttern und Stopfbüchse in Rotguss herzustellen; Abweichungen hiervon, welche nicht besonders vertragsmässig vereinbart sind, dürfen nicht stattfinden. 27. Die Flantschen der Garniturteile sind am Umfange und an der Planseite sauber zu drehen und mit einem zu dem Stutzen passenden Falz zu versehen. 28. Die Dampfventile sind so anzubringen, dass der Dampfdruck von oben auf den geschlossenen Ventilkegel wirkt und dass die Spindel des offenen Ventiles bequem und zuverlässig verpackt werden kann. 29. Das Speisehandabsperrventil soll so angeordnet sein, dass nach Verschluss desselben das selbstthätige Speiseventil aus einander genommen werden kann, ohne dass der Kesselbetrieb gestört wird. Das letztere muss doppelte Führung haben, und auf den Kegel desselben darf kein seitlicher Wasserstoss wirken; die Führungsflügel sollen ungefähr um 10° schraubenförmig gewunden sein. Bei beiden Speiseventilen muss der Kesseldruck auf den geschlossenen Kegel wirken. 30. An allen Ventilen ist die Richtung der hindurchgehenden Strömung aussen durch einen aufgegossenen Pfeil zu bezeichnen. 31. Das Speiseeinhängerohr darf höchstens 50—100 mm unter den niedrigsten Wasserstand reichen. Die Mündung des Rohres soll von der Feuerplatte möglichst weit entfernt sein. 32. Die Sicherheitsventile müssen selbständige und direkte Verbindung mit dem Dampfraume des Kessels erhalten. Das Belastungsgewicht ist aus einem Stück zu fertigen und mittelst Oese und Schneide an dem Ende des Hebels anzuhängen, wo es mit zwei Stiften gegen Verschiebung zu sichern ist. 33. Die Wasserstandsapparate sind einzeln mit dem Kessel zu verbinden, durch schmiedeeiserne Rohrstutzen von mindestens 30 mm innerem Durchmesser, wenn eine geeignete Stelle der Kesselwandung (z. B. vordere Stirnwand) frei liegt. 34. Nur wenn die Verbindungsrohre durch Mauerwerk hindurchgehen und länger als 300 mm werden müssen, sind beide gesetzliche Wasserstandsvorrichtungen gemeinschaftlich mit dem Kessel zu verbinden, entweder durch zwei Rohre je von mindestens 90 mm innerem Durchmesser, oder durch ein rechteckiges Rohr von mindestens 50.350 mm freiem Querschnitt, oder durch einen Wasserstandsvorkopf von mindestens 450 mm innerem Durchmesser. 35. Bei Anbringung der Wasserstandshähne ist dafür zu sorgen, dass jeder Hahngriff 110 mm lang, entsprechend stark und dennoch vollständig herumgedreht werden kann, ohne irgendwo anzustossen. 36. Alle Hähne des Wasserstandes sind 8 mm weit zu bohren, und zwar in der Richtung des

Handgriffes. Die Bohrung ist aussen deutlich und dauerhaft ihrer Richtung nach zu bezeichnen. 37. Es ist dafür zu sorgen, dass die Absperrhähne bei etwaigem Lockerwerden sich nicht von selbst schliessen können. 38. Etwaige Biegungen der Kesselwandungen dürfen sich nicht auf die Glasfassungen des Wasserstandszeigers übertragen können. 39. Die Glasfassungen müssen vollständig zentral stehen und die Gläser sollen ohne jede Schwierigkeit auszuwechseln sein. 40. Die Wasserstandsgläser sind mit einer zweckmässigen Schutzvorrichtung, für den Fall des Zerspringens, zu versehen. 41. Für den tiefsten Wasserstand ist ein eiserner Stift, der bis dicht hinter das Glas reicht, unverrückbar anzubringen. 42. Das Manometer ist an einer kalten, hellen Gebäudewand in Augenhöhe gut zu befestigen und mit dem höchsten Punkte des Kesseldampfraumes (Dom) durch ein eisernes Rohr, welches einen Wassersack enthält, zu verbinden. Der Prüfstutzen mit dem Dreiweghahn ist direkt unter dem Manometer anzuordnen. 43. Die Speisepumpen sollen so regulirt werden können, dass jede derselben ununterbrochen im Gange bleiben kann. 44. Alle Befestigungsschrauben der Armaturteile sind mit Kopf und Mutter einzurichten; die Köpfe sowohl wie die Muttern aber sollen jederzeit vollständig zugänglich sein. 45. Alle Flantschen sind nach der deutschen Normaltabelle einzurichten; ebenso sind alle Weiten von Mutterschlüsseln der deutschen Normaltabelle genau anzupassen. 46. Aller Guss muss frei sein von Poren und Blasen. Als guter Rotguss gilt eine Legirung von 90 Teilen Kupfer und 10 Teilen Zinn; als Messing gilt eine Legirung von 80 Teilen Kupfer, 15 Teilen Zink und 5 Teilen Zinn. 47. Die vordere Kante des Rostes liege bei Innenfeuerungen mindestens 200 mm hinter der vorderen Stirnwand des Kessels. 48. Die Feuerplatte ist bei allen Feuerungsarten auf eine Länge von mindestens 300 mm, von der Vorderkante an gemessen, mit gut anschliessendem Schamottemauerwerk vor der Einwirkung des Feuers zu schützen. 49. Für die Einrichtung aller groben und feinen Armaturen sind die betr. Vorlegeblätter des Magdeburger Vereins für Dampfkesselbetrieb massgebend.

III. Regeln über die Arbeit.

50. Die Bleche sind vor der Verarbeitung sorgfältig auf etwaige Fehler irgend welcher Art zu besichtigen, und auch während der Verarbeitung ist sorgfältig darauf zu achten, ob irgend welche Fehler zum Vorschein kommen. Kein derartiger Fehler darf verheimlicht werden, sondern es ist mit dem Besteller oder mit dessen Bevollmächtigten zu vereinbaren, ob und event. unter welchen Umständen ein solch fehlerhaftes Blech benützt werden kann. 51. Die Blechkanten sind da, wo sie gestemmt werden sollen, zu bearbeiten. Dem Hobeln dieser Kanten wird vor dem Behauen von der Hand der Vorzug gegeben. 52. Die Zuschärfung der Blechecken für die Wechsel soll vor dem Biegen und Lochen erfolgen und möglichst schlank ausgeführt werden, so dass jede Ecke über den Wechselniet hinaus und noch durch einen vollen Niet reicht. 53. Die Winkelringe und solche Bleche, welche für einen kleineren Durchmesser als 600 mm bestimmt sind, müssen stets in rotwarmem Zustande gebogen werden. Andere Bleche, als Feuerplatten, Flammrohre, Dome u. s. w., werden nur dann warm gebogen, wenn es bei der Kesselbestellung besonders vorgeschrieben worden ist. 54. Die Erwärmung der Bleche muss möglichst gleichmässig erfolgen, ebenso die Abkühlung; besonders sind sie im warmen Zustande nicht mit Wasser oder die Wärme gut leitenden Körpern in Berührung zu bringen. 55. Das Zusammenrichten der Bleche darf nur in einem gehörig erwärmten Zustande geschehen, und es ist besonders auf das Anrichten der Wechsel die grösste Sorgfalt zu verwenden. Dabei sind die Bleche mindestens in Entfernungen von 250—300 mm zu heften. Bei Handnietung wird auf ein möglichst enges Heften besonderer Wert gelegt. 56. Das Zusammenpassen der Bleche und der Kesselteile muss mit grösster Sorgfalt geschehen. Man darf keinen Gegenstand zwischen die Bleche bis an das Nietloch schieben können. Besonders müssen die Flammrohre genau zwischen die Böden passen und die Winkelringe müssen überall dicht anliegen. 57. Die Nietlöcher sind im allgemeinen zu stanzen, in den Winkeleisen und Krempen aber stets zu bohren. Ist bei der Bestellung das Bohren aller Löcher vorgeschrieben, so soll dasselbe vorgenommen werden nach dem Heften durch beide Bleche gleichzeitig. 58. Sämtliche Nietlöcher müssen vor dem Zusammennieten der Bleche von allem Grat befreit werden, wobei die gebohrten Bleche noch einmal aus einander zu nehmen sind. 59. Die Nietlöcher der Wechsel und diejenigen Nietlöcher, welche mehr als um 1 mm differiren, sind aufzureiben und mit entsprechend stärkeren Nieten zu besetzen. 60. Das Aufdornen nicht genau passender Nietlöcher ist streng verboten. 61. Beim Nieten ist immer zuerst die Rundnaht, von deren Mitte anfangend nach der Längsnaht hin weitergehend, und dann erst die Längsnaht selbst zu nieten. 62. Misslungene Nieten mit nicht anliegenden, einseitigen oder aufgesprungenen Köpfen sind wieder zu entfernen. 63. Die Nietköpfe müssen mit gut passend versenktem Nietstock vorgehalten und die zu schmiedenden Köpfe geschellt werden. 64. Die Bleche dürfen um die Nietköpfe herum mit dem Schellhammer nicht eingekniffen werden. Der Schellbart ist durch das Stemmen zu beseitigen. 65. Aber auch durch das Stemmen dürfen die Bleche weder um die Nietköpfe herum noch an den Kanten entlang eingekerbt werden. 66. Die Stemmfläche soll mindestens 5 mm breit sein. 67. Zu stemmen sind die Blechkanten und Winkelringkanten von aussen und innen, die Nieten von aussen. 68. Die Anwendung von Rostwasser, Kitt, Kupfer, Talg, Pappe, Leinwand oder sonstigen Dichtungsmitteln zu den Nietnähten ist streng untersagt. 69. Die Art des Eindichtens von Heiz- oder Wasserröhren ist dem Belieben der Kesselfabrik überlassen, wenn nicht besondere Vorschriften bei der Bestellung gemacht werden. 70. Schläge mit Hammerecken, welche scharfe Eindrücke auf den Blechoberflächen hervorbringen, sind zu vermeiden.

Bei der grossen Verschiedenartigkeit der Kesselkonstruktionen lässt sich der Arbeitsvorgang bei der Fabrikation im einzelnen hier nicht eingehend beschreiben. Im allgemeinen werden die Bleche entsprechend der Kesselform nach Konstruktions-

plänen [3], S. 155 ff. angezeichnet, die Nietstellen eingeteilt, die Nietlöcher durchgestossen und sodann warm in Richtung der Längsfasern mit Blechbiegemaschinen (da und dort auch noch durch Hämmern, das sogen. Auspoltern) in die richtige Form gebogen (s. Blechbearbeitung, Bd. 2, S. 436). Die Böden der Kessel werden mit besonderen Umkrempmaschinen gebogen und meist fertig von den Fabriken bezogen (umgezogene Böden) [3], S. 121. Vor dem Vernieten werden die Bleche zunächst an einzelnen Stellen mit Schraubenbolzen zusammengehalten, die Nieten rotwarm von innen nach aussen durch die genau über einander gepressten Löcher durchgesteckt und dann mit Hand- oder Maschinenarbeit (Näheres s. Nietungen) befestigt. Das Arbeitsstück wird dabei in der Regel auf Rollen gelegt, welche ein allmäliches Umdrehen der cylindrischen Stücke gestatten, damit die Schläge möglichst vertikal auf den Nietkopf geführt werden können. Bei grossen Durchmessern oder hohem Arbeitsdruck wird in der Regel doppelte Vernietung angewendet; ebenso werden bei konischen Feuertafeln die Rundnähte in doppelter Vernietung hergestellt. Nieten an den Feuertafeln sollten der Stichflamme nicht ausgesetzt sein. Alle Fugen sind aussen und innen auf das sorgfältigste zu verstemmen. Die Einfeuerungsteile sind kräftig zu halten und der Verschluss der Feuerung, Aschenfall und sonstige Thüren sind zu hobeln, um beim Stillstande den Eintritt kalter Luft in die Feuerzüge zu verhindern. An Eisensorten kommen bei der Dampfkesselfabrikation Schweisseisen und Stahl, in neuerer Zeit auch Flusseisen [4] in Betracht.

Litteratur: [1] Berechnung der Materialstärken neuer Dampfkessel (Hamburger Normen, 1891). — [2] Grundsätze für die Prüfung der Materialien zum Bau von Dampfkesseln (Würzburger Normen, 1890); vergl. auch: die 19. Delegirten- und Ingenieur-Versammlung des internationalen Verbandes der Dampfkesselüberwachungsvereine zu Stuttgart vom 11. bis 14. Juni 1890, Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1890, S. 955. — [3] Bach, C., Maschinenelemente, 4. Aufl., Stuttgart 1895. — [4] Mitteilungen aus der Praxis des Dampfkessel- und Dampfmaschinenbetriebes, Breslau 1892, Nr. 1 (die Zeitschrift der Dampfkesselüberwachungsvereine).

Dampfkesselnietung, s. Nietungen.

Dampfkesselspeiseapparate. Das zur Verdampfung nötige Wasser wird den Dampfkesseln entweder durch Pumpen (s. Kesselspeisepumpen) oder Injektoren zugeführt. Mit ersteren erfolgt die Speisung meist kontinuirlich, während sie bei letzteren nur mit Unterbrechungen auszuführen ist. Mit Speisepumpen lässt sich daher leichter ein Beharrungszustand des Kesselbetriebes bei möglichst konstantem Wasserstand als mit Injektoren erzielen. In die Druckleitung der Speisevorrichtung ist unmittelbar am Kessel ein Absperr- und Rückschlagventil einzuschalten, welche beide gesetzlich vorgeschrieben sind. *Gutermuth.*

Dampfkochapparate sind Einrichtungen zum Kochen mit Dampf, welcher entweder direkt mit der zu kochenden Substanz innerhalb eines geschlossenen Gefässes in Berührung gebracht wird (vgl. Bäuchkessel, Bd. 1, S. 698, Dämpfapparat, Bd. 3, S. 115) oder den Kochkessel umgibt und so mit der nötigen Wärme versieht, ohne dass Dampf zu demselben dringt. Die Vorteile dieser Kochmethoden bestehen darin, dass man von einem Dampfkessel aus eine grosse Zahl von Kochgefässen betreiben und mit beliebiger (der Dampfspannung entsprechender), möglichst konstanter Temperatur kochen kann. Das „Anbrennen“ wird vermieden, und es ist möglich, beliebig grosse Kochgefässe an beliebig entfernten Stellen von der Feuerung einzurichten. Derartige Apparate werden — abgesehen von der Speisebereitung — in den verschiedensten Gebieten der Technik benützt (Brauereikessel, Färbekessel, Käsekessel, Molkereikessel, Seifensiederkessel, Talgschmelzen etc.). — Tritt der Dampf direkt zu den zu behandelnden Stoffen, was natürlich nur dann zulässig ist, wenn das Kondensationswasser des Dampfes sich denselben

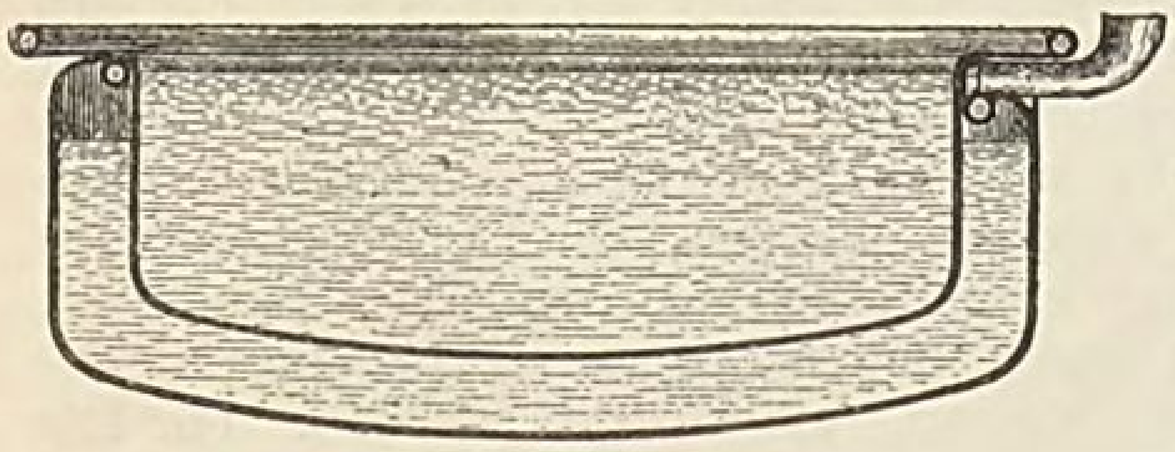


Fig. 1.

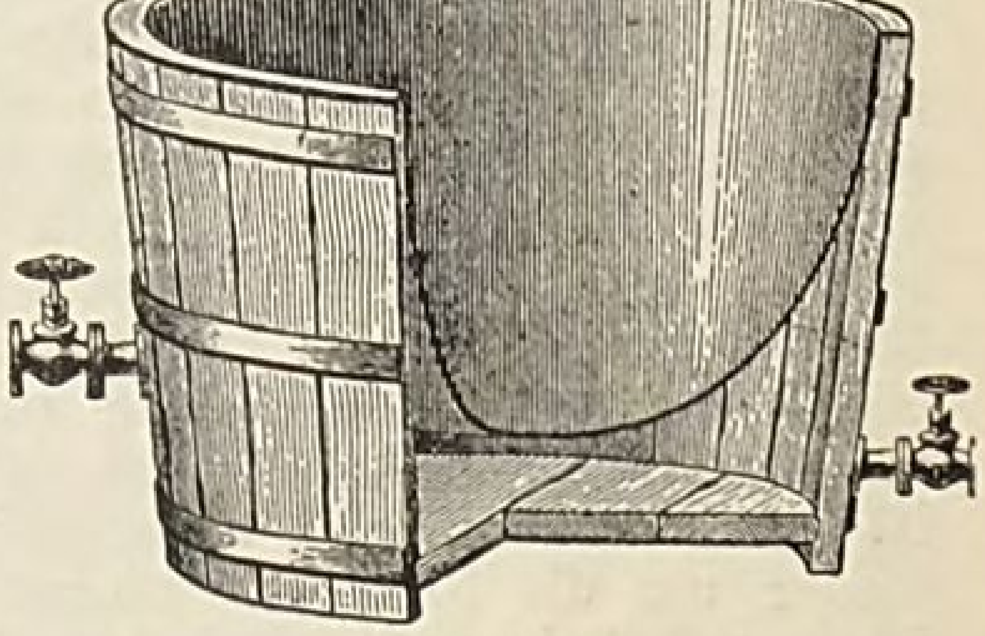


Fig. 2.

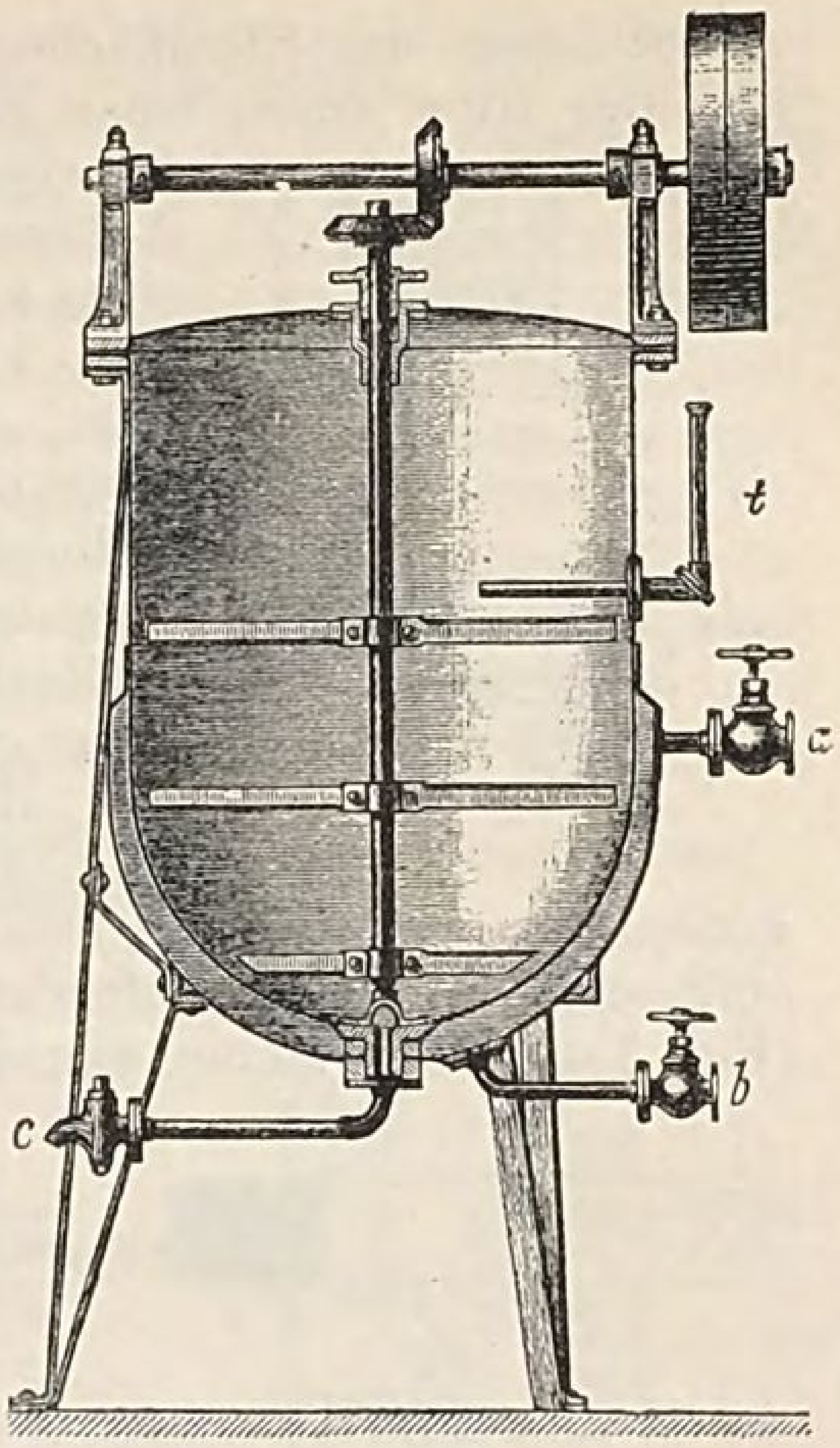


Fig. 3.

ohne Nachteil zugesellen darf, so hängt es von der Beschaffenheit der Stoffe ab, ob das Kochgefäss aus Metall und aus welchem Metall dasselbe bestehen darf. Vielfach werden hier geschlossene hölzerne Gefässe angewendet, besonders wenn die Kochflüssigkeit metallangreifende Salze enthält. — Kochgefässe, bei welchen der Dampf nur die Rolle der Heizung übernimmt, haben gewöhnlich einen doppelten Boden. Der Dampf erfüllt dann den Zwischenraum zwischen dem äusseren Boden und dem Boden des Kochgefässes. Derartige Einrichtungen werden vielfach aus Holz und Kupfer, meistens aber aus Kupfer allein oder verzinntem Kupfer hergestellt. — Soll die Temperatur im Kochgefässe 100⁰ C. nicht übersteigen, so setzt man das Kochgefäss in ein Wasserbad, wie in Fig. 1 veranschaulicht ist. Einen Kessel mit Doppelboden, von welchen der äussere aus Holz besteht, zeigt Fig. 2; derartige Einrichtungen sind vielfach im Molkereibetriebe im Gebrauche. In Fig. 3 ist ein Dampfkochapparat mit Doppelbodenkessel auf Füssen und mit Rührwerk dargestellt, das mittelst Riementriebes gedreht wird. Der Dampf strömt bei *a* zu; bei *b* befindet sich der Ablass aus dem Dampfraum, bei *c* jener aus dem Kochgefässe. Bei *t* ist ein Thermometer angebracht. In Fig. 4 ist der Dampfkochherd für das Wirtschaftsgebäude der grossen Universitätskliniken in Halle a. S. mit 1500 l Kochinhalt der Kessel dargestellt, welcher von der Aktiengesellschaft Schäffer & Walcker, Berlin, erbaut wurde, die wir als Bezugsquelle für Einrichtungen dieser Art nennen. Einzelne Apparate liefern alle grösseren Kupferschmiedgeschäfte, z. B. C. Heckmann in Berlin u. a.

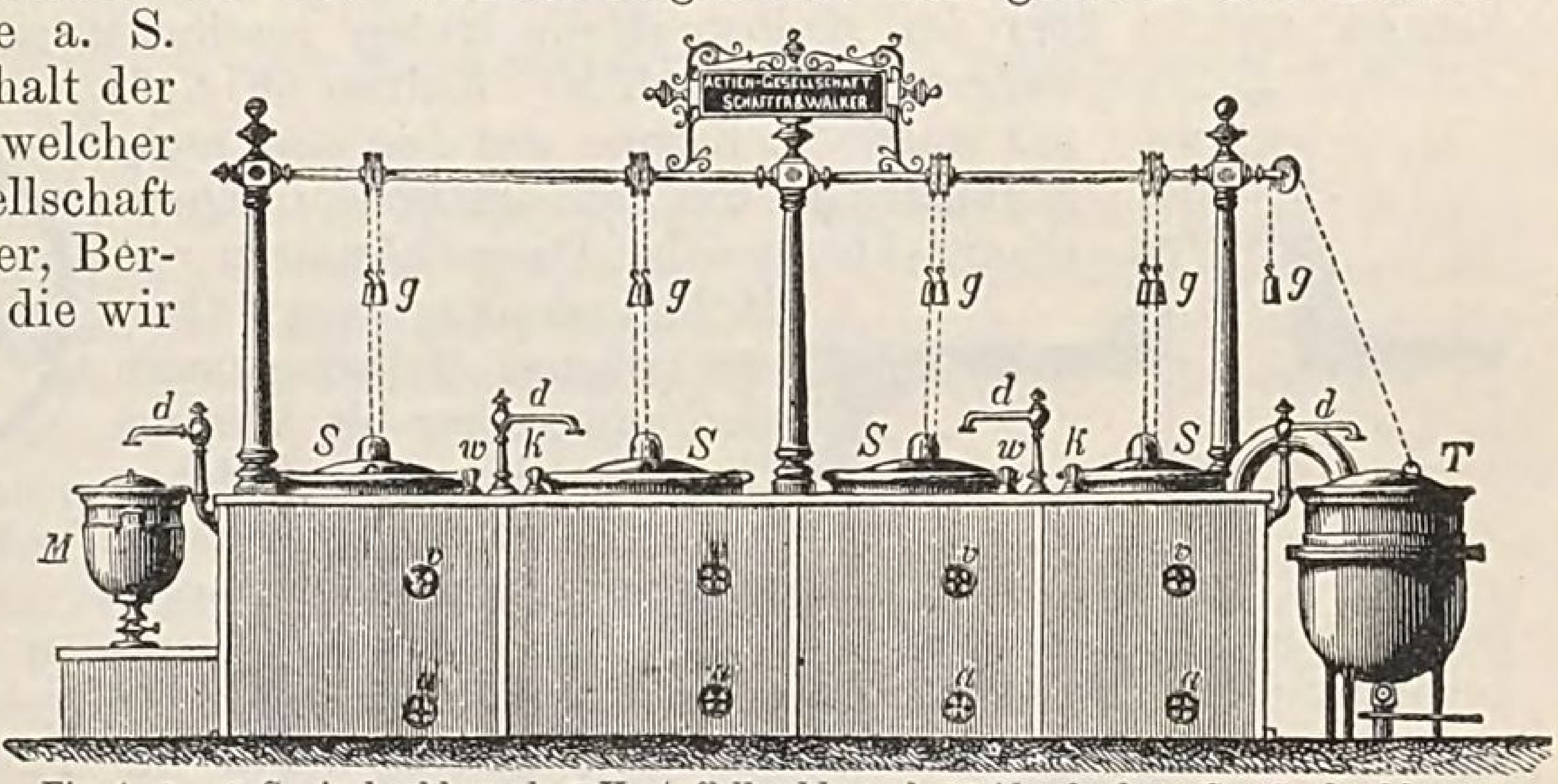


Fig. 4. S_1—S_8 Speisekochkessel. *T* Kartoffelkochkessel. *M* Abnehmbare Gemüsekochkessel. *v* Dampfeinlassventile. *a* Dampfwasserablassventile. *w* Hähne für Zulass von warmem Wasser, *k* für Zulass von kaltem Wasser durch die Schwenkhähne *d*. *g* Gegengewichte.

Dampfkolben dichten mit gusseisernen Ringen, welche entweder durch eigene Federkraft an die Cylinderwand sich anlegen (Selbstspanner) oder durch einen innerhalb liegenden, gespannten Stahlring oder durch Blattfedern angepresst werden. In jedem Fall sind die Ringe an einer Stelle des Umfangs geteilt, und zwar mit schräger Fuge, damit sich im Cylinder kein Grat anläuft, oder mit Ueberblattung der Enden. Den Dampfdurchtritt erschwert ein 6—16 mm starkes Blättchen, das mit ebenso starken Schrauben an dem einen der beiden Enden an der Stirnseite oder innerhalb des Ringes befestigt ist. Der Eintritt des Dampfes hinter die Ringe sollte womöglich ganz vermieden werden. Zur Abdichtung zwischen Ring und Cylinder genügt ein Flächendruck von rund 1 Atm. Das

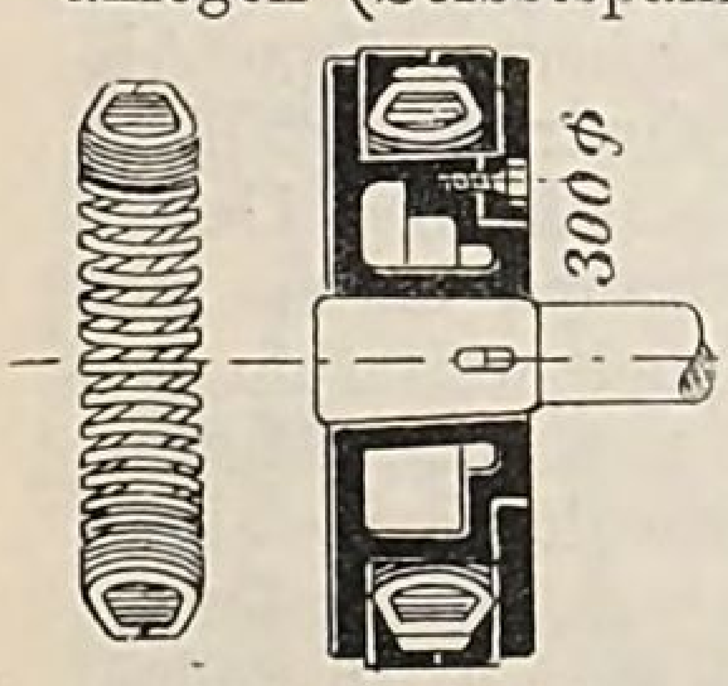
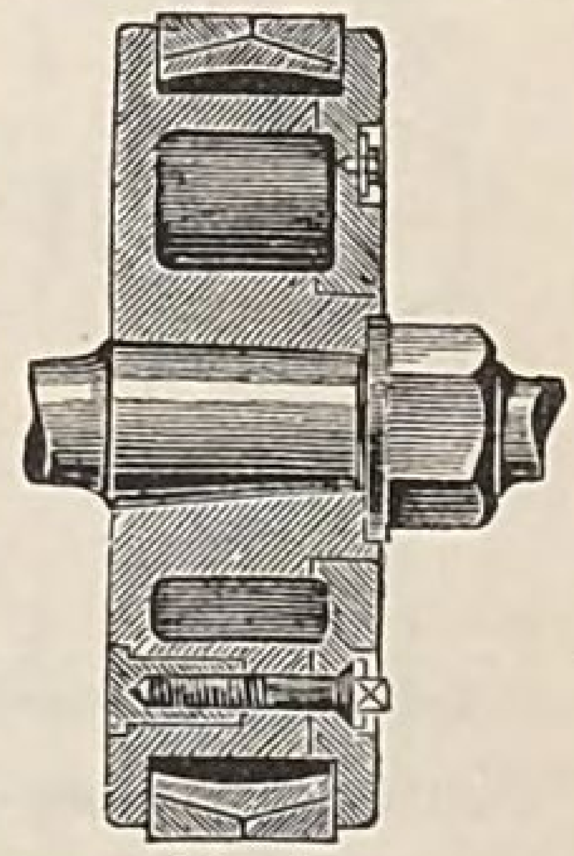


Fig. 2 D. R. P. 59 326.


Fig. 1.

Ausschlagen der Stirnflächen, welche anfangs so aufgeschmirgelt werden, dass sich der Ring durch einen Stoss mit dem Hammerstiel gerade im Kolben verschieben lässt, verhütet man durch gehörige Breite der Anlagefläche und Auseinanderpressen der Ringe mittelst eines keilförmigen Spannringes, wie die Fig. 1 eines gebräuchlichen Kolbens zeigt, auch Fig. 2 bei Dampfcylinder (Ausbildung), sowie Fig. 2, S. 175. Der Kolbenkörper, etwas kleiner als der Cylinderdurchmesser gedreht, ruht bei „stützender Liderung“ auf den Ringen, wobei eine Anzahl Blattfedern innerhalb der Ringe ringsum eingelegt sind (Fig. 11) und er schwebt bei „freier Liderung“, von der Kolbenstange getragen. Der Kolben in Stulpform, im Cylinder eingeschliffen, mit umlaufenden Dichtungsrillen (ohne Ringe) wird für Indikatoren (Fig. 3 u. 4) und kleine schnelllaufende Maschinen

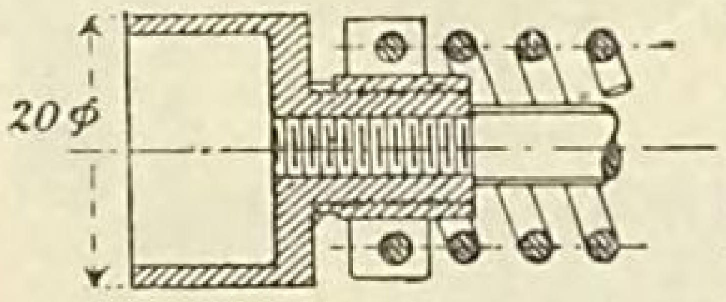


Fig. 3. Indikatorkolben von Dreyer, Rosenkranz & Droop.

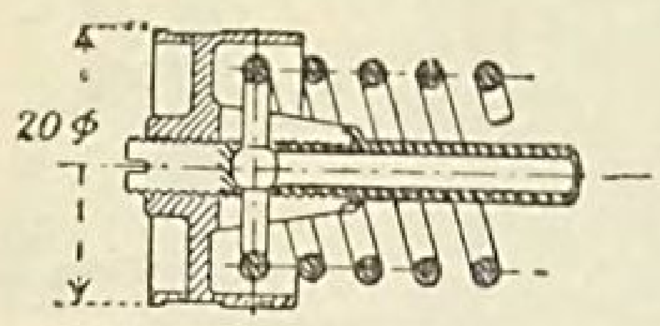


Fig. 4. Indikatorkolben von Crosby.

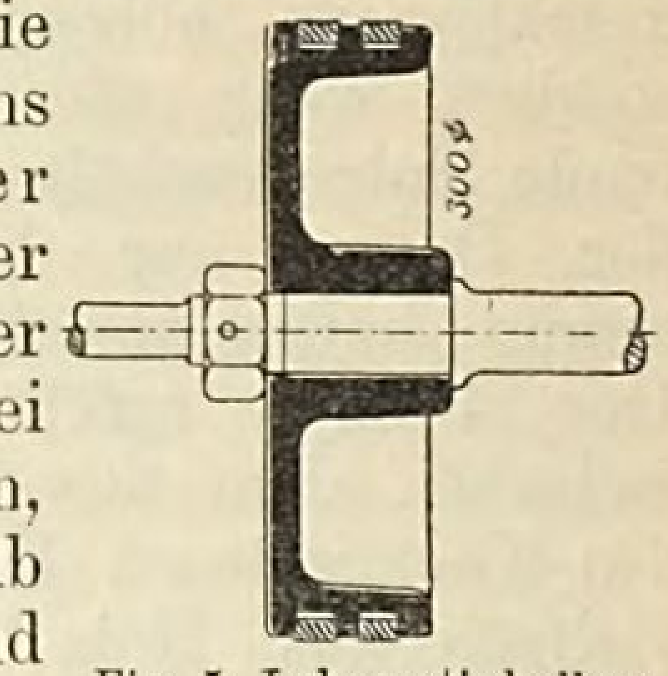


Fig. 5. Lokomotivkolben.

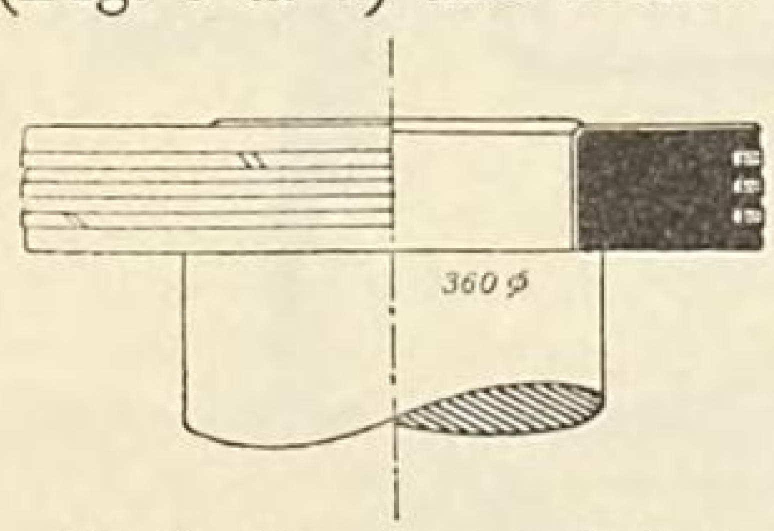
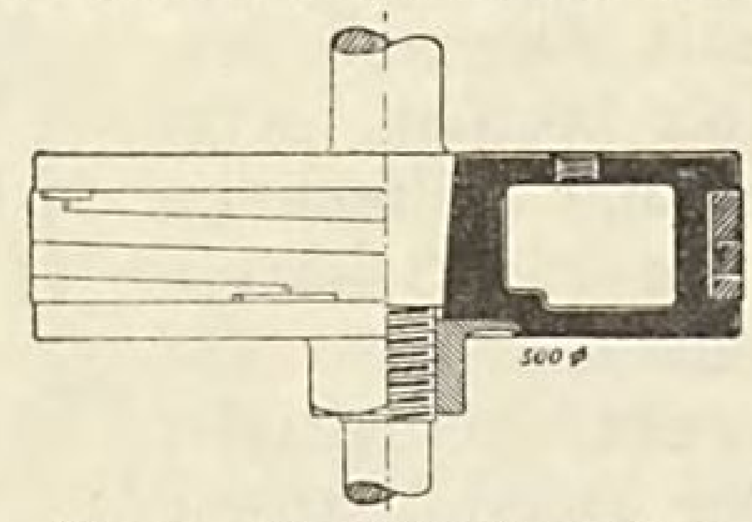


Fig. 6. Dampfhammerkolben.


Fig. 7. Schraubenringkolben.

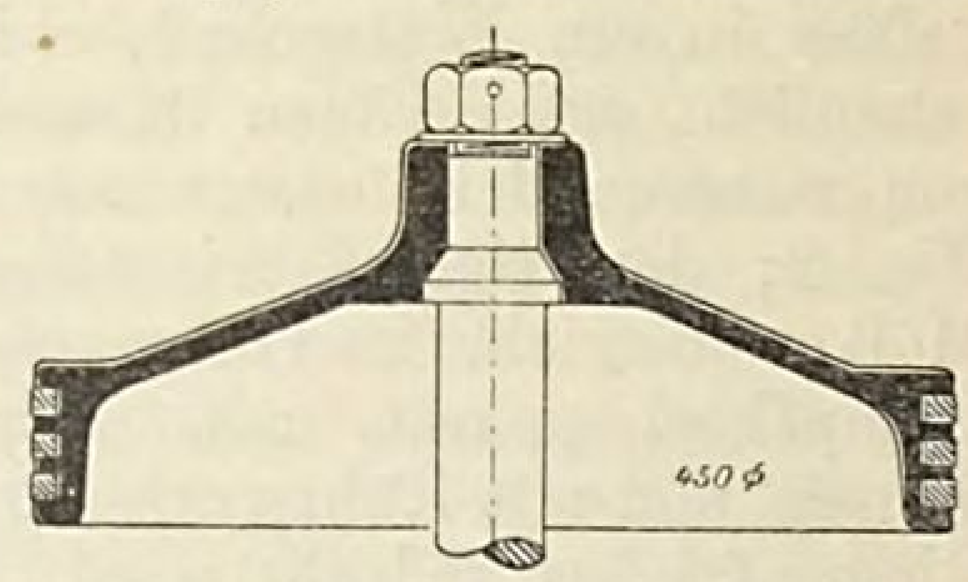
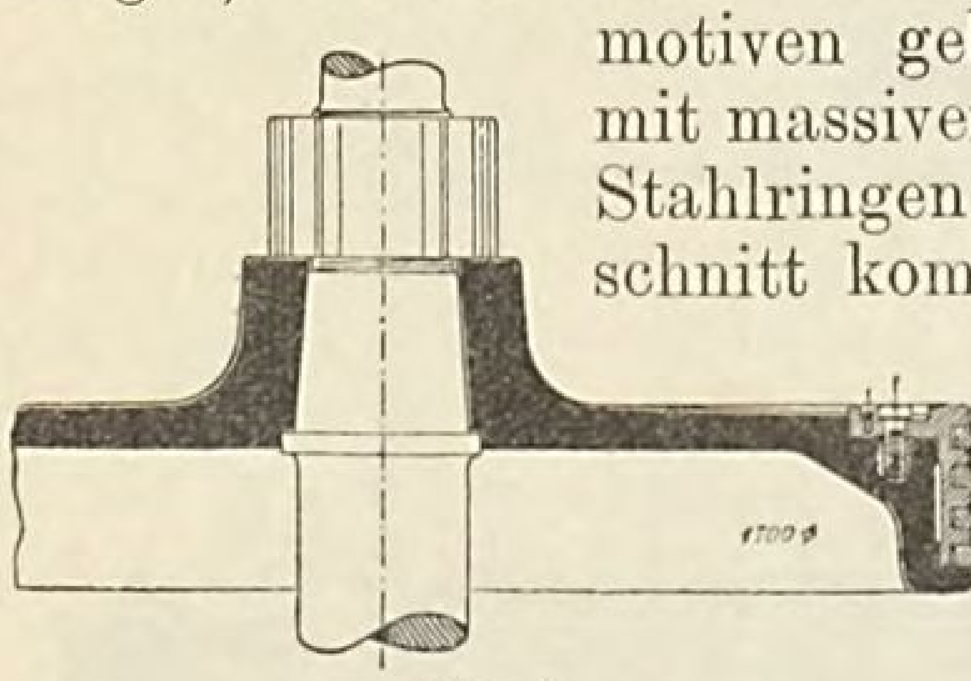
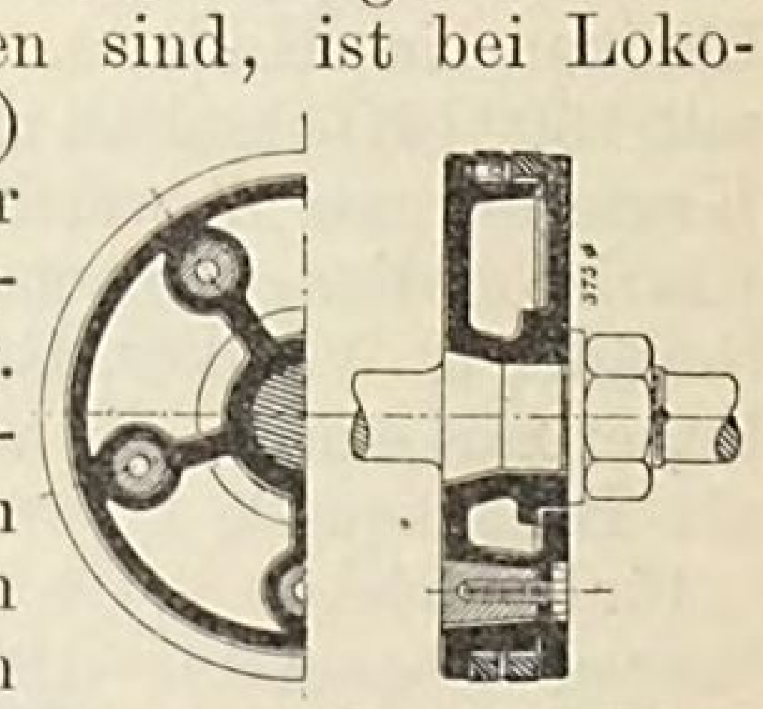
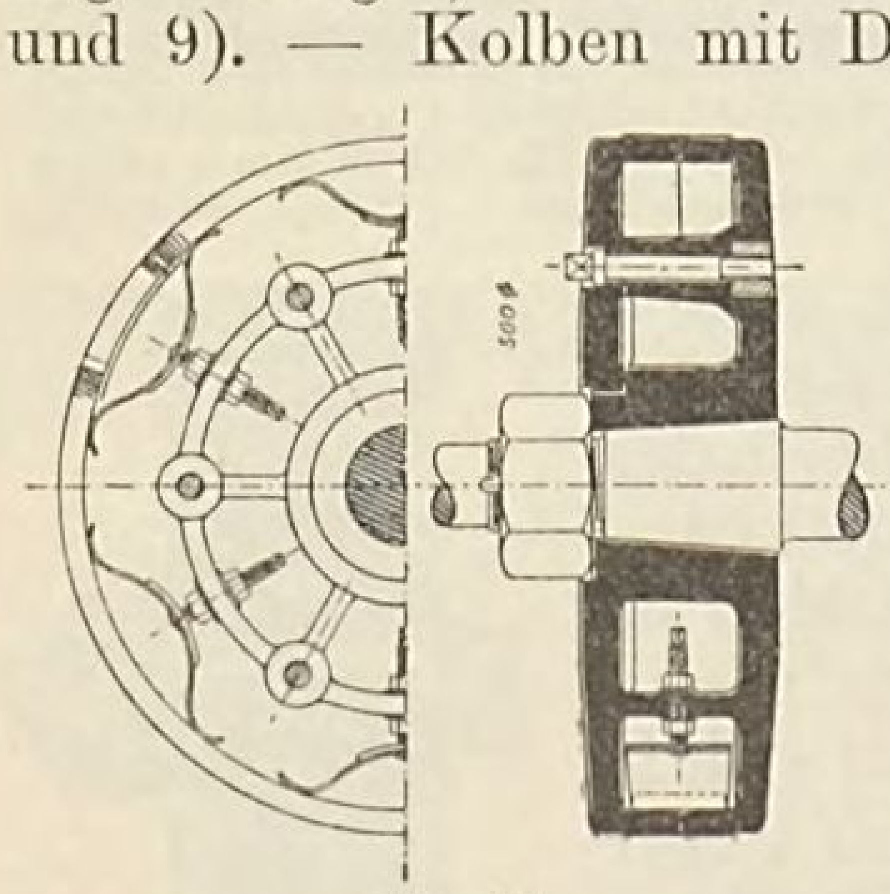


Fig. 8. Kolben für stehende Maschinen.

angewendet. Der „schwedische Kolben“ (Fig. 5), dessen einteiliger Körper aus Schmiedeeisen gepresst oder von Stahl gegossen ist, mit einzelnen gusseisernen Ringen, welche über den Kolben in die Nuten geschoben sind, ist bei Lokomotiven gebräuchlich. Kolben (Fig. 6) mit massivem Körper und drei oder mehr Stahlringen von quadratischem Querschnitt kommen bei Dampfhämmern vor. Hohlgusskolben mit übergeschobenen Selbstspannern sind anwendbar bis 300 mm Durchmesser. Einen solchen von grösserem Durchmesser, aber mit einteiligem, schraubenförmigem Ringe zeigt Fig. 7. Für stehende Maschinen sind Kolben mit kegelförmiger, auch mit flacher Scheibe und Selbstspannern gebräuchlich (Fig. 8 und 9). — Kolben mit Deckelscheibe, welche durch die Kolbenstangenmutter mit angezogen wird, sind bis zu 400 mm Durchmesser ausführbar. Besser sind ringförmige Deckel (Fig. 10) mit besonderen Kopfschrauben, für welche Bronzemuttern im Kolbenkörper fest eingelassen sind, gebräuchlich bei 350—1000 mm Durchmesser. Alle Schrauben am Kolben sind zu sichern. Zum Abpressen des Deckels, der an der cylindrischen Fläche immer festbrennt, werden gewöhnlich drei Oesenschrauben durch den Deckel geschraubt, bis sie sich gegen den Kolbenkörper stützen und weiterhin den Deckel abdrücken, die Löcher mit dem Muttergewinde im Deckel sind im Betrieb durch metallene Schrauben ausgefüllt. Die Höhe eines Kolbenringes ist etwa $h = 0{,}08\ D \pm 5$ mm; seine grösste Dicke gegenüber der Fuge $0{,}5\ h$, an den Enden $0{,}35\ h$ bei Selbstspannern; Dichtungsringe mit innerem Spannring erhalten (mit Rücksicht auf die Versetzung der Fugen) gleichmässige Stärke, etwa $0{,}4\ h$. Die Anzahl der Kolbendeckelschrauben ist $0{,}01\ D$ mm ± 1, bei 15—30 mm Stärke.


Fig. 9.


Fig. 10. Kolben von G. Kuhn, Stuttgart-Berg.


Fig. 11. Kolben mit „stützender Liderung“.

Ueber Kolbenringe handelt ausführlich das Buch von Schmelzer, „Notizen, Tabellen und Akkorde aus dem Maschinenbau“, Leipzig 1883. Ein grosser Kolben mit unelastisch tragender Liderung ist dargestellt Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing., 1894, S. 351. Im übrigen geben die Handbücher für Maschinenelemente und für Dampfmaschinen allerlei Beispiele. *Lindner.*

Dampfkrane werden nur für grosse Lasten verwendet. Die Kranwindwerke erhalten ihren Antrieb durch eine Cylinderzwillingsmaschine mit hoher Umdrehungszahl. In einzelnen Fällen, namentlich bei Hafenkranen, werden auch Dampfcylinder in Verbindung mit Rollenübersetzung (Flaschenzüge) angewendet. Es vereinfacht sich dadurch die Krananordnung, Arbeitsweise und Unterhaltung. Dagegen erhöhen die

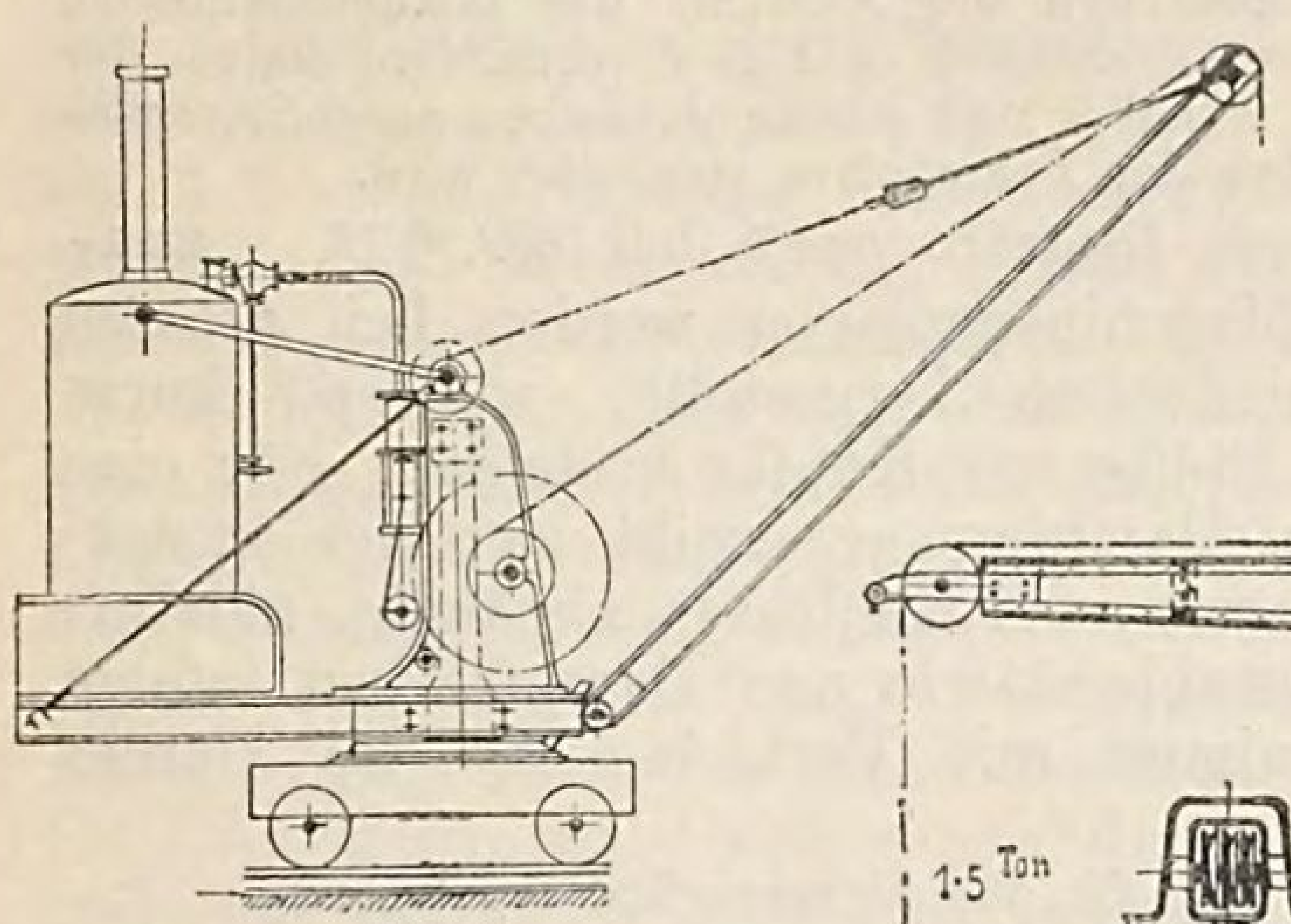


Fig. 1.

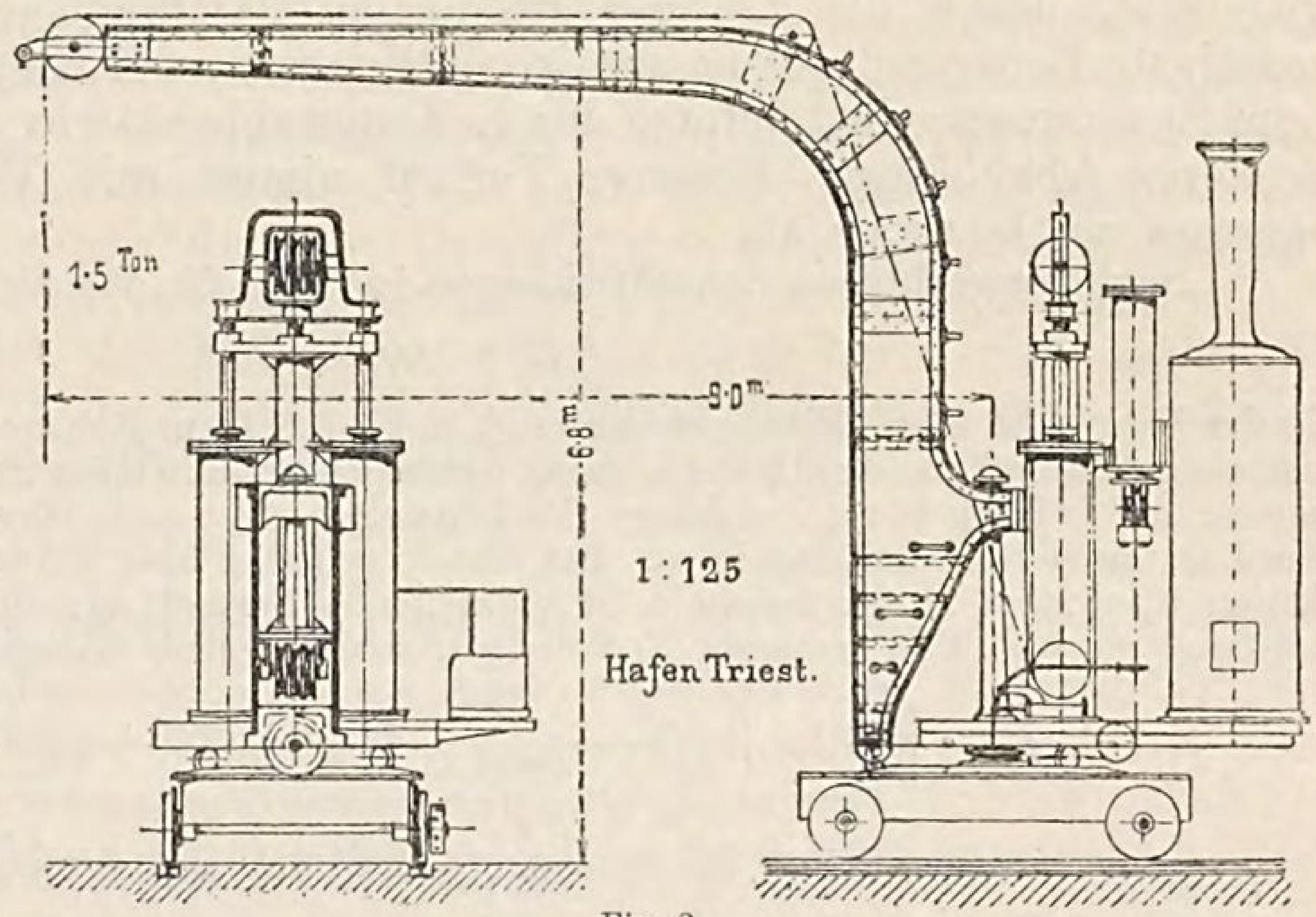


Fig. 2.

grossen Cylinderdimensionen den Dampfverbrauch der Krane infolge grosser Kondensationsverluste. — Die Konstruktion eines fahrbaren Dampfkrans mit Zwillingsmaschine zeigt Fig. 1, diejenige eines solchen mit Hubcylinder und Flaschenzug Fig. 2. Bei letzterer sind zwei Dampfcylinder ausgeführt, deren Kolbenstangen gemeinschaftlich an der beweglichen Flasche angreifen; zwischen beiden ist ein hydraulischer Bremscylinder eingeschaltet, welcher bei Dampfabschluss der Hubcylinder den Stillstand der Last sichert, da die Kondensationsverluste in den letzteren andernfalls ein allmäliches Niedergehen der Last verursachen würden. *Gutermuth.*

Dampfkrumpe, s. Dekatiren.

Dampfkultur, s. Dampfpflug.

Dampfläutewerke. Um auf Nebenbahnen ohne Bahnbewachung, namentlich mit unbewachten Wegübergängen, Unglücksfälle zu vermeiden, sind die Lokomotiven solcher Bahnen mit Läutewerken auszurüsten [1], da der Ton der Dampfpfeife die Pferde häufig scheu macht. — Die früher gebräuchlichen Handglocken, sowie auch die Läutewerke, welche durch besondere kleine Hub-Dampfmaschinen bethätigt wurden, sind auf deutschen Bahnen grösstenteils durch die in Fig. 1 und Fig. 2 dargestellten Dampfläutewerke von Latowski in Breslau verdrängt worden.

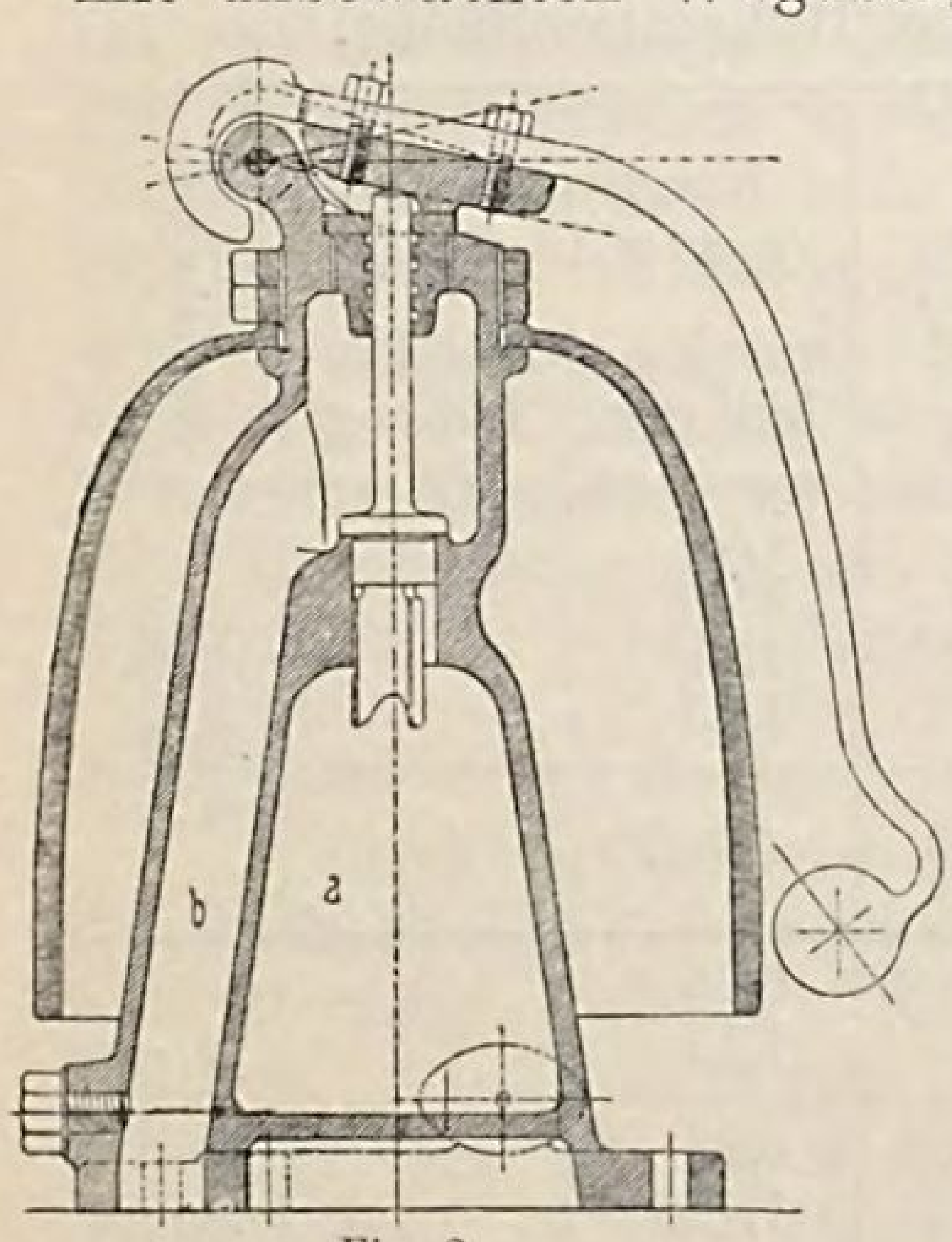


Fig. 2.

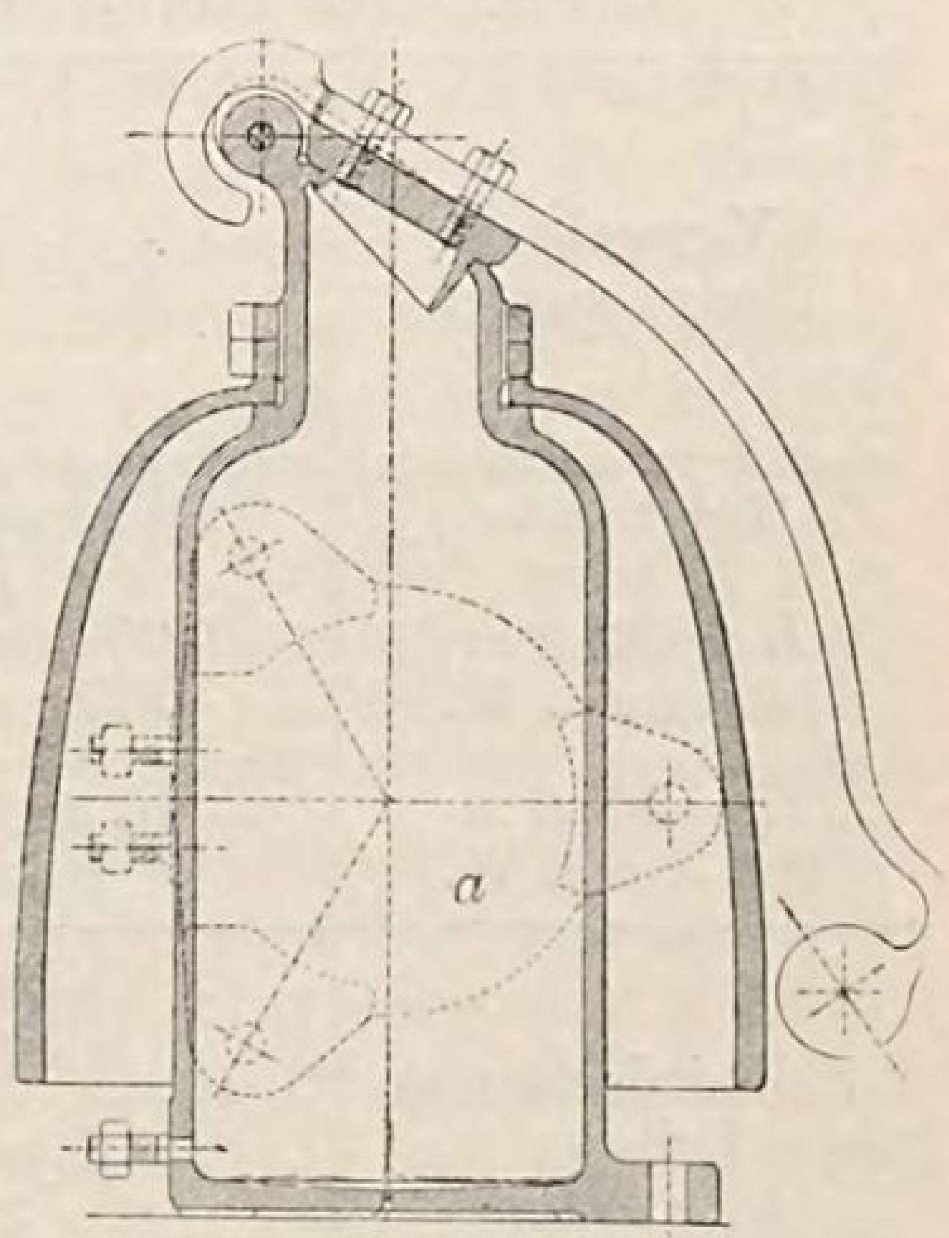


Fig. 1.

In die Kammer *a* wird beim Läuten durch ein Rohr von geringem Querschnitt ständig Dampf eingelassen, unter dessen Ueberdruck sich die die Kammer nach oben abschliessende

Klappe in Fig. 1, bezw. das Ventil in Fig. 2 mit dem darauf lastenden Hammer hebt, wodurch eine derartige Ausflussöffnung für den Dampf entsteht, dass der Druck in der Kammer rasch sinkt. Die Klappe, bezw. das Ventil, fällt infolge dessen mit dem Hammer herab und letzterer bringt die die Kammer umgebende Glocke zum Ertönen, worauf durch den ständig in die Kammer strömenden Dampf von neuem Ueberdruck hergestellt und ein neues Spiel des Hammers eingeleitet wird. — Bei der Anordnung in Fig. 1 entweicht der Dampf durch die Klappe in die freie Luft, wodurch unter Umständen die Aussicht des Lokomotivführers beschränkt wird. Dieser Uebelstand wird bei der Anordnung in Fig. 2 vermieden, indem der aus dem Ventil ausströmende Dampf durch den Kanal *b* und ein an denselben anschliessendes Rohr in den Schornstein oder in die Wasserkästen der Lokomotive abgeleitet wird.

Litteratur: [1] Bahnordnung f. d. Nebeneisenb. Deutschl. vom 5. Juli 1892, § 12. *Köchy.*

Dampfleitungen für stationäre Maschinenanlagen werden bei grossen Leitungslängen aus Guss- oder Schmiedeeisen hergestellt, während kurze Leitungsanschlüsse, besonders Krümmer, häufig aus Kupfer bestehen. Für eine gegebene, durch die Leitung strömende Dampfmenge ergibt sich der zweckmässigste Leitungsdurchmesser wesentlich von zwei Einflüssen abhängig, nämlich vom Spannungsverlust infolge der Leitungswiderstände und Dampfverlust infolge äusserer Abkühlung. Ersterer Verlust nimmt mit Verkleinerung des Durchmessers zu, letzterer ab.

Nach Versuchen an Schachtleitungen hat sich für den Druckverlust ergeben:

$$Z = 0{,}0015\, \gamma \frac{L}{d}\, u^2.$$

In der Formel ist Z = Leitungswiderstand in kg auf 1 qm Rohrquerschnitt (Atm.), γ = Gewicht eines cbm Dampf von der in der Leitung herrschenden mittleren Spannung p in kg; d = Durchmesser der Leitung in m; l = Länge der Leitung in m; u = mittlere sekundliche Geschwindigkeit des Dampfes in der Leitung in m. Bei Druckverlusten über 2 Atm. und bei Dampfgeschwindigkeiten über 20 m in der Sekunde ist vorstehende Formel nur für rohe Rechnungen noch hinreichend genau. Für genauere Rechnungen sind folgende Gleichungen zu benützen:

$$p_2 = \sqrt{(0{,}12 + p_1)^2 - \frac{l}{4000\, d^5}\left[3Q^2 + (3Q + k\pi d l)\, k \pi d l\right]} - 0{,}12,$$

$$p_2 = \sqrt{(0{,}3 + p_1)^2 - \frac{l}{3766\, d^5}\left[3Q^2 + (3Q + k\pi d l)\, k \pi d l\right]} - 0{,}3,$$

wenn $p_1 > 3{,}6$ Atm. $Z = p_1 - p_2$. Hierin ist: p_1 = Anfangsspannung; p_2 = Endspannung in Atm.; Z = Druckverlust in Atm.; d = Rohrdurchmesser in m; Q = stündliche Dampfmenge, welche aus der Leitung ausströmt, in kg; k = stündliche Kondensationswassermenge in kg für 1 qm Rohrinnenfläche (s. Tab.); $k \pi d l$ = stündlich in der ganzen Leitung gebildete Kondensationswassermenge in kg.

Die Grösse des Dampfverlustes durch äussere Abkühlung ist weniger abhängig von dem zur Umhüllung der Leitung verwendeten Isolirmaterial als von der Art und Güte der Ausführung. Der Dampfverlust wächst mit der Zunahme des Dampfdruckes und der Abnahme der Dicke der Umhüllung.

Ueber die wirkliche Grösse des Kondensationsverlustes gibt folgende Zusammenstellung von Versuchsergebnissen an verschiedenen Leitungen und mit verschiedenem Isolirmaterial Aufschluss.

Stündliche Kondensationswassermenge für 1 qm Rohrinnenfläche.

Versuchs-Dampfleitung	Isolirung der Leitung	Dampfspannung in Atm. eff.	Kondensationswasser in kg (k)		Bemerkungen
			mit Umhüllung	ohne Umhüllung	
Gusseiserne Leitung L = 323,0 m 140 mm l. W.	Grünzweig & Hartmann'sche Isolirmasse, 20 mm dick + 10 mm Filz- und Blechmantel	3,0 4,0 5,0 6,0	1,03 1,09 1,21 1,33		Schachtleitungen
L = 365,0 m 294 mm l. W.	40 mm Korkschalen + 8 m Asbestmasse	5,2	0,732		
Schmiedeeiserne Leitung L = 22,0 m 120 mm l. W.	Kieselguhrschnur, 30 mm dick	3,0 5,0	0,93 1,13		horizontale Leitungen
	Knoch'sche Masse, 30 mm dick	3,0 5,0	0,93 1,128		
	Nackte Leitung	3,0 5,0		3,39 4,17	

Da die betreffenden Versuche unter von einander wesentlich abweichenden äusseren Umständen ausgeführt wurden, sind die verschiedenen Umhüllungsmaterialien zugehörigen Zahlenwerte unter einander nicht vergleichbar.

Nach dem Zusammenhang zwischen Leitungswiderstand, Dampfverlust und Leitungsdurchmesser ergibt sich für die Ermittelung des zweckmässigsten Leitungsdurchmessers folgender Rechnungsvorgang, unter Zugrundelegung der am Ende der Dampfleitung nötigen Dampfmenge und des nötigen Dampfdruckes: 1. Ist Kesselspannung vorgeschrieben, so ist dadurch auch der zulässige Spannungsabfall bestimmt und die Dampfgeschwindigkeit sowie der Leitungsdurchmesser ermitteln sich somit aus der Formel für den Leitungswiderstand ohne Rücksicht auf die Kondensationsverhältnisse in der Leitung. Der Kondensationsverlust ist alsdann ohne Erhöhung des Spannungsverlustes (d. i. ohne Verminderung des Leitungsdurchmessers) nicht günstiger zu gestalten. 2. Ist Kesseldruck nicht vorgeschrieben, so müssen Vergleichsrechnungen über den Dampfverbrauch der ganzen Dampfmaschinenanlage samt Leitung bei grossem und kleinem Spannungsabfall, also bei enger und weiter Leitung, sowie die besonderen praktischen Anforderungen an den Maschinenbetrieb den Leitungsdurchmesser bestimmen. Im allgemeinen wird sich hinsichtlich der Dampfkosten grosser Spannungsabfall und enge Leitung vorteilhafter erweisen als geringer Spannungsabfall und weite Leitung. Den Durchmesser der Dampf-Zu- und Ableitung bei Dampfmaschinen aus dem Querschnitt der Dampfkanäle am Cylinder abzuleiten, ist prinzipiell unrichtig. — Die Wandstärke der Dampfleitungsrohre aus Gusseisen ist zu berechnen aus der Gleichung: $r_a = r_i \sqrt{\frac{k + 0{,}4 \cdot p}{k - 1{,}3 \cdot p}} + 0{,}3$ bis 0,6 cm, worin r_a und r_i den äusseren und inneren Rohrradius in Centimeter, k die zulässige Zugspannung des Materials in Kilogr. auf den qcm, p den inneren Dampfdruck in Atm. Ueberdruck bezeichnet. Wenn diese Formel keine grösseren Werte liefert, ist bei der lichten Weite d des Gusseisenrohres (mm) die Wandstärke δ zu wählen: $\delta = 7 + \frac{d}{60}$ mm für stehend gegossene Rohre, $\delta = 9 + \frac{d}{50}$ mm für liegend gegossene Rohre. Im übrigen gelten die vom Verein deutscher Ingenieure und dem deutschen Verein der Gas- und Wasserwerksfachmänner aufgestellten Normalien für Flantschenrohre. Röhren aus anderem Material als Gusseisen sind in Bezug auf die Wandstärken nach [2], S. 570 ff. zu dimensioniren. In langen Rohrleitungen sind Kompensatoren einzuschalten, damit die durch die Wärme bedingten Ausdehnungen keine Verbiegungen oder Undichtheiten herbeiführen (s. Dampfleitungen für Schiffe). Bei Flantschen von Dampfleitungen, die schlecht dicht zu bekommen sind, kann man sich durch Bestreichen des Asbests mit Leinölfirnis und Bestreuen mit Kolophoniumpulver gut helfen. Auch das Aufstreichen von Mennige oder Schwarzkitt auf die Dichtungsscheiben ist bei fehlerhaften Arbeitsflächen ein gutes Hilfsmittel. Alle Dichtungen sind nach der Inbetriebsetzung wiederholt nachzuziehen. Schmiedeeiserne Rohrleitungen verkuppelt man am besten durch Muffen mit Rechts- und Linksgewinde, wobei die Rohrenden angeschärft und in einen dazwischen gelegten Kupferring eingepresst werden. — Dampfleitungen sind mit gleichmässigem Gefälle in der Richtung des Dampfstromes zu verlegen und genügend oft zu unterstützen, so dass sich keine Wassersäcke bilden. — Bei grösseren Dampfmaschinenanlagen werden die Dampfzuleitungen aus Rücksicht auf Betriebssicherheit doppelt ausgeführt, wie in Kraft- und elektrischen Lichtzentralen, Wasserwerksanlagen und dergl.

Litteratur: [1] Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure 1887, S. 670 ff. — [2] Bach, Maschinenelemente, Stuttgart 1895. — Taschenbuch der Hütte, 15. Aufl. *Gutermuth.*

Dampfleitungen (für Schiffe). Bei grösseren Schiffsmaschinen, welche den Betriebsdampf von einer grösseren Zahl Kessel entnehmen, bildet die Dampfleitung einen wichtigen Konstruktionsteil. Viele grössere Havarien der letzten Zeit an Schiffsmaschinen und ihren Teilen sind der Dampfrohrleitung zuzuschreiben und ist daher die Anlage und Ausführung derselben von besonderer Wichtigkeit. — Der Dampf hat von den Kesseln bis zum Hochdruckschieberkasten in der Regel folgende Teile zu passiren: das Absperrventil am Kessel, die Rohrleitungen mit ihren Kompensationsvorrichtungen, den Wassersammler

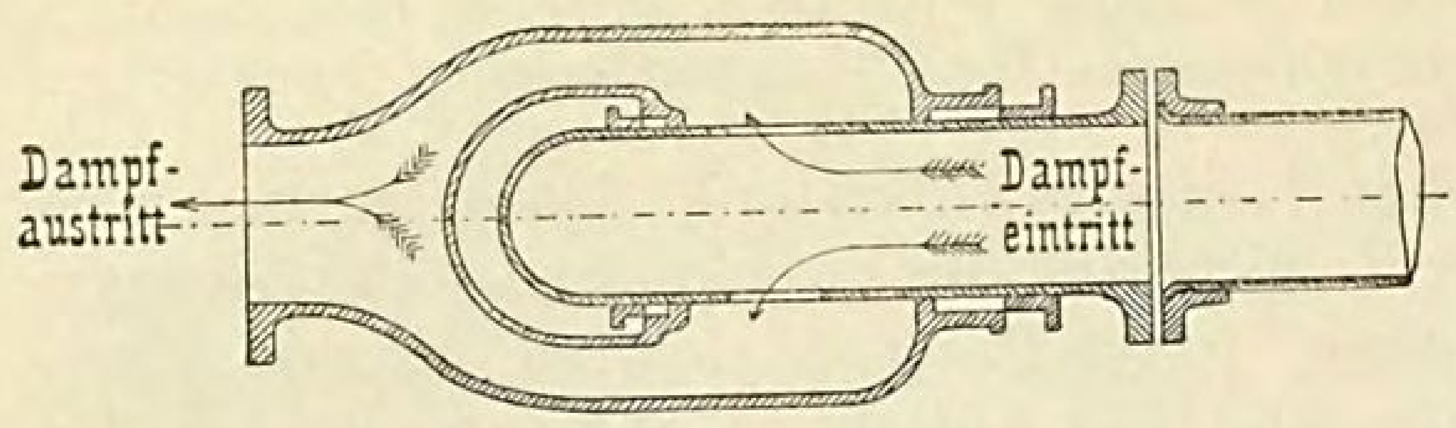


Fig. 1.

oder Separator, die Drosselklappe und das Hauptabsperrventil. — Die Rohrleitung besteht aus gezogenen oder genieteten Kupferrohren, welche mittelst bronzener Winkelflantschen, die bei grösseren Rohren aufgenietet, bei kleineren Rohren nur hart verlötet sind, durch schmiedeeiserne Bolzen mit einander verbunden werden. Die Dichtung zwischen je zwei Flantschen wird durch Gummipackung, gerilltes Kupferblech oder durch mit Mennigekitt durchsetzte Drahtgaze ausgeführt. Bei hohen Dampfspannungen verwendet man metallene Ringe von linsenförmigem Querschnitt (s. Fig. 2), welche sauber eingeschliffen werden. Der Durchmesser des Hauptdampfrohres berechnet sich bei einer Dampfgeschwindigkeit von 40 bis 50 m pro Sekunde nach dem Cylinderdurchmesser D m und der Kolbengeschwindigkeit von c m pro Sekunde zu $d = 0{,}15\ D\sqrt{c}$ m, und die Wandstärke δ eines kupfernen Rohres zu $\delta = \frac{p \cdot d}{400} + 1{,}5$ mm, worin p der Dampfdruck in kg pro qcm und d der lichte Durchmesser des Hauptdampfrohres in mm ist [3]. Die Materialbeanspruchung der Kupferrohre soll in keinem Falle 2 kg/qmm übersteigen. Für sehr hohe Dampfspannungen genügt jedoch diese Wandstärke nicht, da das Kupfer bei grösserer Erwärmung bedeutend an Festigkeit verliert und infolge dessen öfters Rohrbrüche vorgekommen sind. Man sichert daher derartige Dampfrohre durch eine Stahldrahtumwickelung oder durch einzelne, in bestimmten Entfernungen umgelegte Drahtringe [3]. — Die Kompensationsvorrichtungen haben den Zweck, bei längeren Dampfleitungen die Ausdehnung und Zusammenziehung der Rohre beim Erwärmen und Erkalten zu ermöglichen und zugleich die durch die Bewegungen des Schiffes in See hervorgerufenen Spannungen auszugleichen und die Flantschenverbindungen zu entlasten. Dieselben bestehen in Kompensationslinsen, Trompetenrohren, Rohrkrümmern und Stopfbüchsen. Erstere beiden Vorrichtungen genügen nur für kurze Leitungen, da sie sonst zu sehr beansprucht werden. Bei Anwendung von Stopfbüchsen ist darauf zu achten, dass die Rohre bei diesen entlastet oder gesichert sind, damit sie sich nicht aus den Stopfbüchsen herausziehen können, bei Rohrkrümmungen sind dieselben daher gefährlich. Fig. 1 zeigt eine neuere entlastete Stopfbüchsenkonstruktion (D. R. P. Nr. 57 756). — Der Wassersammler bezweckt, mit-

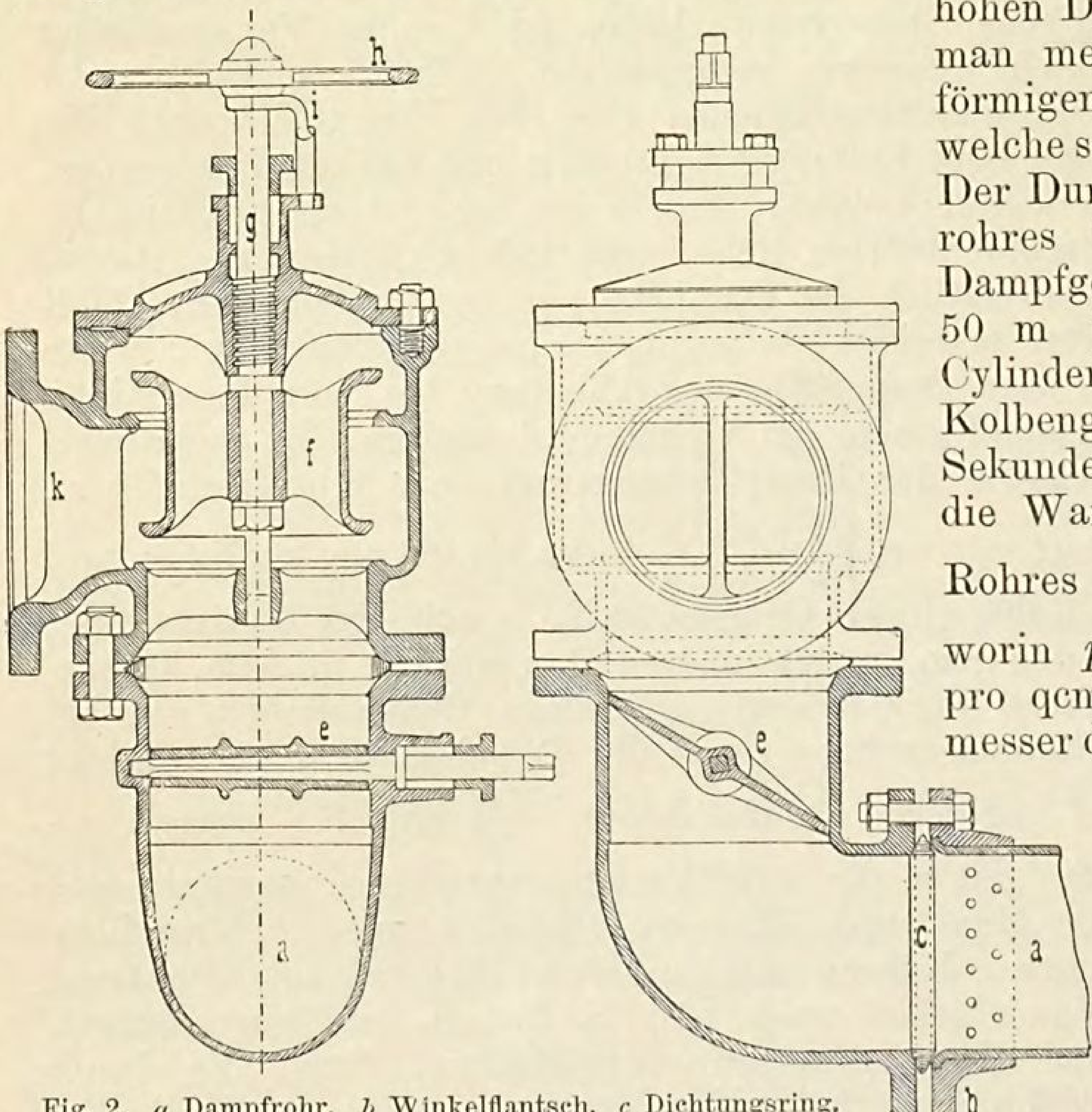


Fig. 2. *a* Dampfrohr. *b* Winkelflantsch. *c* Dichtungsring. *e* Drosselklappe. *f* Glocke. *g* Ventilspindel. *h* Handrad. *i* Zeiger. *k* Dampfaustritt.

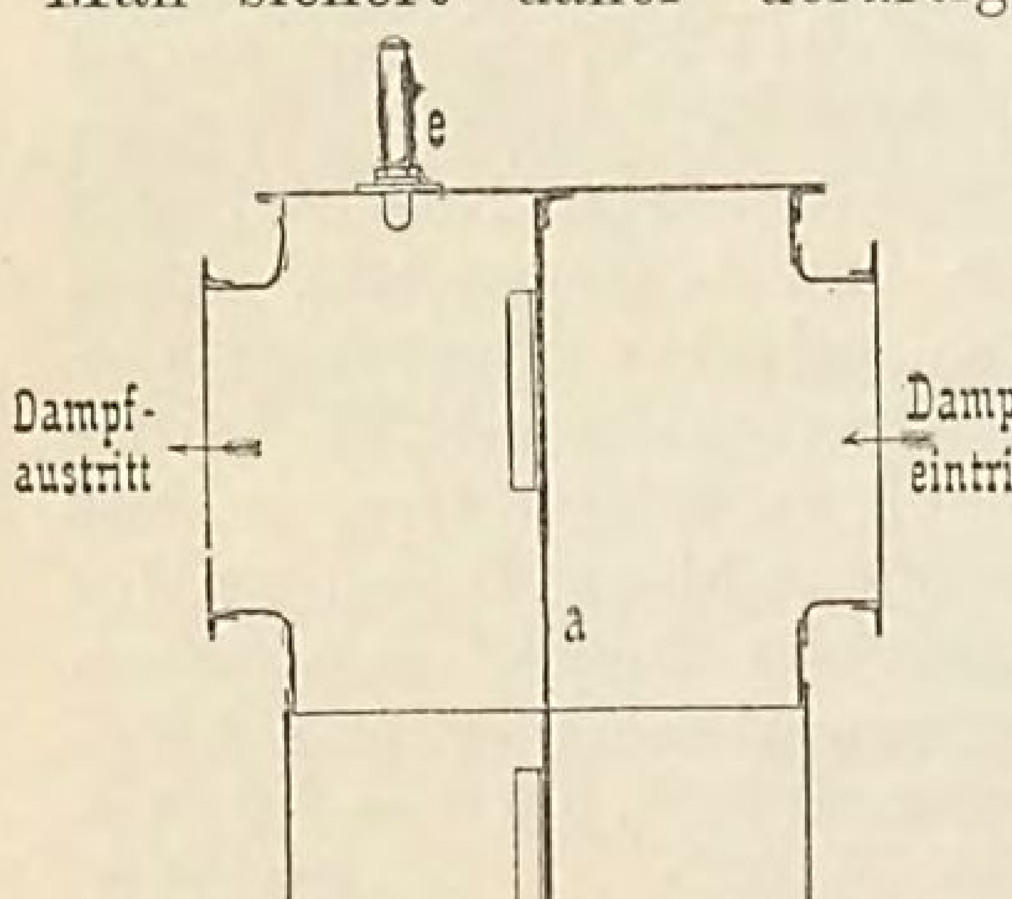


Fig. 3. *a* Trennungsplatte. *b* Wasserstandsglas. *c* Ablassventil. *d* Entwässerungshahn. *e* Thermometer.

gerissene Kesselwasser und das Kondensationswasser abzusondern, um zu verhüten, dass Wasser in die Dampfcylinder tritt. Fig. 3 gibt das Bild eines Wassersammlers für Schiffsmaschinen. Die Hauptabsperrvorrichtung (Fig. 2) schliesst den Dampf von der Maschine ab und tritt beim Manöveriren der Maschine in Thätigkeit; sie ist meist mit einer Drosselklappe verbunden und werden das Absperrventil, sowie die Drosselklappe vom Maschinistenstande aus bedient. Die Absperrventile bestehen aus entlasteten Ventilen und haben die Glockenventile die weiteste Verbreitung gefunden.

Litteratur: [1] Busley, Die Schiffsmaschine, Kiel 1886. — [2] C. Busley u. R. Haack, Die Entwicklung des Norddeutschen Lloyds und der Hamburg-Amerikanischen Paketfahrt-Aktiengesellschaft, Berlin 1893. — [3] Zeitschr. d. Vereins deutscher Ingen., Berlin 1894, S. 780. — [4] Marine-Rundschau, Berlin 1894, S. 77. — [5] Milton Remarks on steam pipes, Inst. of Naval Arch., London 1895. *Tj. Schwarz.*

Dampfmantel (Dampfjacke) ist ein Hohlraum um die Wandung des Dampfcylinders, welcher mit frischem Kesseldampf oder expandirtem Dampf angefüllt ist. Er soll das Nachdampfen im Cylinder verhindern, bezw. schon während der Expansion veranlassen, damit der Nachdampf noch zu nutzbarer Arbeit verwertet wird.

Der Dampfmantel ist schon im Jahre 1769 von Watt erfunden, später jedoch wieder aufgegeben worden [1]. Erst in neuerer Zeit kam der Dampfmantel bei der Einführung der Expansionsmaschinen wieder in Anwendung und ist namentlich bei Schiffsmaschinen (s. d.) vielfach in Gebrauch. Bei hohen Kolbengeschwindigkeiten und grosser Füllung tritt der Nutzen des Dampfmantels weniger hervor [2]; bei dreifachen Expansionsmaschinen beschränkt man sich daher darauf, den Niederdruckcylinder, eventuell noch den Mitteldruckcylinder, mit Dampfmantel zu versehen. Der Dampfmantel des Niederdruckcylinders erhält dann seinen Dampf aus dem Receiver, um die Wandungen des Cylinders nicht zu sehr zu beanspruchen.

Die Ausführung des Dampfmantels geschieht meist derart, dass der Cylindermantel einen besonderen Einsatzcylinder erhält, welcher ebenso wie der Cylindermantel entsprechende Ansätze trägt, um ihn zu stützen. Der Einsatzcylinder wird am Cylinderboden mittelst Flantsch befestigt und erhält am Deckel eine stopfbüchsenartige Dichtung. Der ringförmige Zwischenraum zwischen Einsatzcylinder und Cylindermantel von 20—25 mm Weite bildet dann den Dampfmantel [1]. S. auch Schiffsmaschinen und [2], [3].

Litteratur: [1] Busley, Die Entwicklung der Schiffsmaschine, Berlin 1892. — [2] Busley, Die Schiffsmaschine, Kiel 1886. — [3] Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ingen. 1893, S. 222. *Tj. Schwarz.*

Dampfmaschinen. Der heutige Dampfmaschinenbau stützt sich noch unverändert auf die durch Watt geschaffenen Grundlagen und unterscheidet sich von den Leistungen und Ausführungen seiner Zeit nur durch die Anwendung höherer Dampfspannungen vollkommenerer mechanischer Hilfsmittel und durch die Nutzbarmachung hundertjähriger Erfahrungen. Watts Verdienste um die Entwicklung der Dampfmaschine bestehen im Vergleich zu den Schöpfungen seiner Vorgänger in der Trennung des Kondensators vom Dampfcylinder, Anwendung doppelt wirkender Dampfcylinder in Verbindung mit dem Kurbelmechanismus, Ausnützung der Dampfexpansion und selbstthätiger Steuerung und Regulirung. Auch der Dampfmantel und der Indikator waren Watt schon bekannt und von ihm angewendet. Die verschiedenen Dampfmaschinensysteme lassen sich unterscheiden nach der Dampfwirkung, der Zahl der Dampfcylinder, der Aufstellung, der Steuerung und der Betriebsweise; nachstehend seien dieselben kurz gekennzeichnet.

Volldruckdampfmaschinen. Bei diesen arbeitet der Dampf während des grössten Teiles des Kolbenhubes mit voller Eintrittsspannung und wird die Expansionsfähigkeit derselben wenig oder gar nicht ausgenützt. Der Dampfverbrauch ist infolge dessen ein sehr hoher.

Die Volldruckdampfmaschine hat nur Berechtigung bei niederer Dampfspannung (1—2 Atm. Ueberdruck) und war daher früher bei den sogen. Niederdruckmaschinen allgemeiner üblich. Gegenwärtig kommt die Volldruckwirkung in Dampfmaschinen nur bei vorübergehender Steigerung der Maschinenleistung oder Kleinmotoren mit Drosselregulirung vor. Die dabei angewendete Füllung beträgt 0,7—0,8 des Kolbenhubes aus Gründen der Dampfersparnis und zur Verbesserung der Ausströmungsverhältnisse.

Expansionsdampfmaschinen. Bei diesen wird der Dampfcylinder nur zum Teil mit Dampf von Kesselspannung gefüllt, während der übrige Kolbenweg unter selbständiger Ausdehnung des abgeschlossenen Dampfquantums zurück-

gelegt und dessen Expansionsarbeit ausgenützt wird. Es wird somit für gleiche Arbeitsleistung im Vergleich zur Volldruckmaschine eine wesentliche Verminderung des Dampfverbrauches erzielt. Die Mehrleistung des Dampfes gegenüber der Volldruckarbeit ist um so grösser, je weiter die Expansion getrieben wird, und zwar begrenzt die nutzbare Expansion bei Auspuffmaschinen die Atmosphärenspannung, bei Kondensationsmaschinen die Kondensatorspannung. — Das Verhältnis des der Dampfeinströmung entsprechenden Kolbenweges zum Kolbenhub bezeichnet den Füllungsgrad, das umgekehrte Verhältnis den Expansionsgrad des Arbeitsdampfes. Wird lediglich die Expansionswirkung des Dampfes in Betracht gezogen, so ergibt sich scheinbar für gleiche Arbeitsleistung der Dampfverbrauch einer Maschine um so geringer, je kleiner der Füllungsgrad, bezw. je grösser der Expansionsgrad genommen werden konnte. Dies trifft jedoch in Wirklichkeit nicht zu; es besteht vielmehr für eine bestimmte Dampfmaschine nur ein ökonomisch günstigster Füllungsgrad, bei dessen Unter- oder Ueberschreitung keine weitere Verminderung des Dampfverbrauches, sondern eine Erhöhung desselben eintritt. Dieser günstigste Füllungsgrad ist für die verschiedenen Dampfmaschinen-Ausführungen verschieden gross.

Die praktisch bedeutsamste Versuchsreihe, die über den Einfluss verschiedener Füllung auf den Dampfverbrauch zuverlässigen Aufschluss gibt, ist diejenige des amerikanischen Ingenieurs Isherwood, welcher an der Maschine des Dampfers Michigan 1876 ausführliche und genaue Versuche angestellt hat. Zweck der Versuche war, die ökonomisch günstigste Füllung bei einer Anfangsspannung von 1,3 Atm. Ueberdruck zu ermitteln. Die Maschine arbeitete mit Kondensation und ohne Dampfmantel; es wurden Versuche von je dreitägiger, ununterbrochener Dauer mit 7 verschiedenen Füllungen angestellt.

Füllungsgrad	$^{11}/_{12}$	$^{7}/_{10}$	$^{7}/_{9}$	$^{3}/_{10}$	$^{1}/_{4}$	$^{1}/_{6}$	$^{4}/_{45}$
Relativer Speisewasserverbrauch per effekt. Pferdestärke	1,00	0,896	0,877	0,949	0,962	1,065	1,292

Diese Tabelle gibt den relativen Dampfverbrauch für die beobachteten Füllungen von $^{11}/_{12}$ bis $^{4}/_{45}$, bezogen auf die grösste Füllung. Die günstigste Füllung trat bei $^{4}/_{9}$ des Kolbenweges ein, indem der Dampfverbrauch bei weiterer Steigerung der Expansion zunahm und bei $^{1}/_{11}$ Füllung sogar 29 % grösser wurde als Vollfüllung. — Ein ganz ähnlicher Zusammenhang zeigt sich für die heute angewendeten höheren Dampfspannungen. So ergibt sich beispielsweise bei 5—6 Atm. Eintrittsspannung der günstigste Füllungsgrad für Auspuffmaschinen zu etwa $^{1}/_{4}$, für Kondensationsmaschinen zu etwa $^{1}/_{10}$. Der Grund dieser Erscheinung ist in der Wechselwirkung zwischen Arbeitsdampf und Cylinderwandung zu suchen. Der in den Cylinder eintretende frische Dampf trifft auf die von der vorhergehenden Ausströmperiode abgekühlten Cylinderwände und wird zum Teil kondensirt, so dass während der Eintrittsperiode eine grössere Dampfmenge zuströmt, als dem Füllungsvolumen entspricht; der Mehrbetrag an Dampf hat sich als Wasser niedergeschlagen und wurde dessen latente Wärme von den Cylinderwandungen aufgenommen. Mit der Temperaturerniedrigung des Arbeitsdampfes während der Expansion und der bei niedrigster Dampftemperatur erfolgenden Ausströmung findet wieder ein Nachverdampfen des vorhandenen Kondenswassers, d. i. Wärmezufuhr von seite der Cylinderwände, statt. Dieser Wärmeaustausch erfolgt somit gerade dem Carnot'schen Kreisprozess entgegengesetzt und muss derselbe daher um so nachteiliger wirken, je weiter die Expansion getrieben wird, d. i. je grösser der Temperaturunterschied zwischen der Ein- und Austrittsspannung ist.

Der ungünstige Einfluss dieser Wechselwirkungen zwischen Cylinderwandungen und Dampf lässt sich durch Anwendung eines Dampfmantels sowie durch Teilung der Expansion auf zwei oder mehrere Cylinder vermindern; der Dampfmantel vermindert die Eintrittskondensation durch Erhöhung der mittleren Temperatur der Cylinderwandungen. — Die geteilte Expansion führt auf eine Verkleinerung des Temperaturgefälles in jedem Cylinder, kühlt dadurch deren Wandungen weniger stark ab und vermindert somit die Eintrittskondensation.

Als Erfinder der Mehrfachexpansionsmaschinen ist Hornblower zu betrachten, welcher schon 1776 ein Modell einer solchen Maschine ausführte. Die niedrige Dampfspannung, sowie die Unmöglichkeit, Watts patentirten Kondensator zu benützen, liessen die Maschine nicht zur Geltung kommen. Erst Arthur Woolf gelang es 1804 durch Anwendung höher gespannten Dampfes mit zweifacher Expansion Erfolge zu erringen. In dem nach ihm benannten Maschinensystem bewegen sich die Kolben beider Dampfcylinder parallel oder in entgegengesetzter Richtung, entsprechend zwei unter 0 oder 180° aufgekeilten Kurbeln. Wird zwischen beide Cylinder noch ein Zwischenbehälter oder Receiver eingeschaltet, dessen Grösse etwa gleich dem Hochdruckcylindervolumen genommen wird, so entstehen die Woolf-Receiver-Maschinen. Die älteren Ausführungen Woolf'scher Maschinen, namentlich diejenigen Woolfs selbst, sind stets Balanciermaschinen mit stehenden Dampfcylindern, so angeordnet, dass deren Kolben auf einem oder an beiden Armen des Balanciers angreifen.

Die heutige Anwendung des Woolf'schen Systems vermeidet den Balancier und werden bei vertikalen Dampfmaschinen Hoch- und Niederdruckcylinder neben einander mit Kurbeln unter 180° angeordnet. Die Aufstellung gewährt vollständige Massenausgleichung der Triebwerksteile in vertikaler Richtung und wird daher besonders für Maschinen mit hoher Umdrehungszahl, namentlich für den Betrieb von Lichtmaschinen angewendet. Der zur Erreichung eines hohen Gleichförmigkeitsgrades nachteilige Umstand, dass beide Maschinenkurbeln stets gleichzeitig durch die toten Punkte gehen, lässt sich dabei nur durch entsprechende Vergrösserung der Schwungmassen unempfindlich machen. Dieselben Vorteile hinsichtlich der Massenausgleichung im Triebwerk bietet die horizontale Anordnung mit Kurbeln unter 180°. Sehr häufige Anwendung findet heute die horizontale Woolf'sche Receiver-Maschine mit hinter einander liegenden Cylindern und einem einzigen Kurbeltriebwerk (Tandem-Maschine, Fig. 1). Diese Anordnung hat den Vorteil einfacher und billiger Anlage wegen des Fortfalles eines zweiten Kurbelmechanismus. Die allgemein übliche Anordnung der Zweifach-

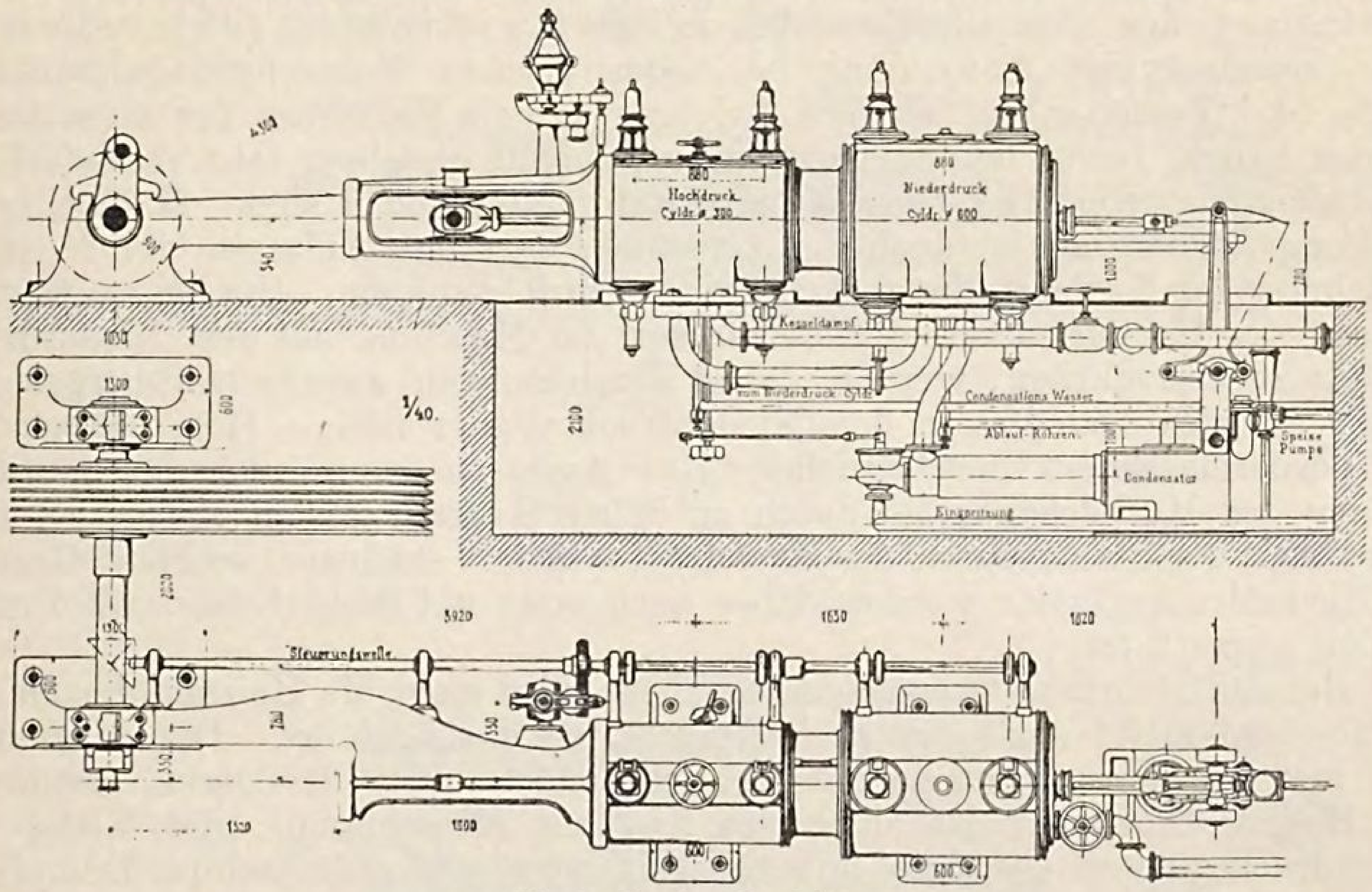


Fig. 1. Tandem-Maschine.

Expansionsmaschinen ist heute diejenige mit neben einander liegenden Dampfcylindern und unter 90° versetzten Kurbeln. Es wird hierdurch eine gleichmässigere Kraftwirkung an der Kurbelwelle und damit ein höherer Gleichförmigkeitsgrad bei verhältnismässig geringen Schwungmassen erreicht. Auch das Anlassen der Maschine ist erleichtert. Da bei diesem Maschinensystem im Vergleich zum vorhergehenden die Einströmperiode des Niederdruckcylinders nicht mit der Ausströmperiode des Hochdruckcylinders zeitlich zusammenfällt, ist zur Aufnahme des Arbeitsdampfes ein Behälter (Aufnehmer oder Receiver) zwischen Hoch- und Niederdruckcylinder notwendig und es werden daher diese Maschinen auch Compound-Receivermaschinen oder Verbundmaschinen genannt.

Dieselben sind nachweisbar zum erstenmale 1829 von der Maschinenfabrik Röntgen in Tyenoord bei Rotterdam für ein Dampfschiff ausgeführt worden. Zur allgemeinen Anwendung kam das Verbundsystem aber erst bei den Schiffsmaschinen im Jahre 1854 durch die Firma Randolf & Elder in Glasgow, die eine grosse Zahl älterer Schiffsmaschinen in Verbundmaschinen umbaute und dabei eine bis dahin unbekannte Dampfökonomie erzielte. Bei den stationären Dampfmaschinenanlagen fand das Verbundsystem erst 20 Jahre später die rechte Würdigung und ist heute zur vollen Geltung gelangt.

Man unterscheidet Zwei-, Drei- und Vierfach-Expansionsmaschinen, je nachdem die Dampfexpansion nach einander in zwei, drei oder vier Cylindern erfolgt. Die wichtigste Rolle bei den stationären Maschinenanlagen spielt die Zweifach-Expansion, während bei den Schiffsmaschinen die mehrfache Expansion ausgedehnte Anwendung findet. Der bei den Vierfach-Expansionsmaschinen erreichte Vorteil ist im Vergleich zu Dreifach-Expansions-

maschinen praktisch verhältnismässig gering und rechtfertigt sich erstere daher nur bei Maschinen von hoher Dampfspannung (12 Atm.) und ungewöhnlich grossen Leistungen. Die Vorteile der Mehrfach-Expansion liegen in der Verminderung des Dampfverbrauches, in der besseren Arbeitsverteilung auf die einzelnen Cylinder, in der günstigeren Kraftwirkung und Verminderung der Triebwerksdrücke. Diese Vorzüge werden erkauft durch grössere Komplikation der Konstruktion und wesentlich höhere Anlagekosten. Ein empfindlicher Uebelstand der Mehrfach-Expansion besteht darin, dass die Leistungsfähigkeit der Maschinen sich nicht beliebig steigern lässt ohne Beeinträchtigung der Kompoundwirkung, Verschlechterung der Arbeitsverteilung und Erhöhung des Dampfverbrauchs, indem die Leistung des Hochdruckcylinders stetig abnimmt, während diejenige des Niederdruckcylinders unverhältnismässig zunimmt. Zur Erhöhung der Maschinenleistung sieht man sich daher auch für gewisse Betriebsverhältnisse veranlasst, von der stufenweisen Expansion abzusehen und jedem Cylinder frischen Kesseldampf zuzuführen und diese von einander unabhängig zu betreiben. Diese Umwandlung des Compoundbetriebes in den Zwillingsmaschinenbetrieb findet beispielsweise Anwendung bei unterirdischen Wasserhaltungsmaschinen, welche bei Wassereinbrüchen ihre Leistung auf ein Vielfaches der normalen zu steigern haben, ferner bei Schlachtschiffen, sobald dieselben sehr veränderlicher Arbeitsleistung, wie etwa beim Manöveriren, unterworfen sind. Nachteilig für den Compoundbetrieb ist auch der Umstand, dass das Anlassen der Maschine nicht bei jeder Kurbelstellung ohne weiteres erfolgen kann. Um bei ungünstiger Stellung der Hochdruckkurbel das Anlassen der Maschine mit dem Niederdruckcylinder zu ermöglichen, werden daher Einrichtungen zwecks vorübergehender Zufuhr direkten Dampfes in den Niederdruckcylinder nötig. (Für Lokomotiven und Fördermaschinen unerlässlich.) Das Anlassen kann auch bei günstiger Stellung der Hochdruckkurbel durch zu hohen Gegendruck im Receiver infolge Undichtheit der Steuerorgane des Hochdruckcylinders erschwert werden. Receiver und Niederdruckcylinder werden daher auch stets mit Sicherheits- und Auslassventilen ausgerüstet.

Bei den Mehrfach-Expansionsmaschinen wird stets die Heizung der Dampfcylinder und meist auch der Zwischenbehälter durchgeführt. Dabei erscheint nicht nur die Heizung der Cylindermäntel, sondern auch der Deckel erwünscht. Der Hochdruckcylinder ist stets mit frischem Kesseldampf, die Mittel- und Niederdruckcylinder ebenfalls mit solchem oder mit gedrosseltem Dampfe zu heizen. Bezüglich der Heizung der Zwischenbehälter sind die Anschauungen und Erfahrungen abweichend insofern, als in einzelnen Fällen die Receiverheizung sich sogar nachteilig gezeigt hat oder wenigstens keine Verminderung des Dampfverbrauches ergab. Allgemein ist jedoch zu behaupten, dass die Receiverheizung eher vorteilhaft als nachteilig wirken wird und dass nur bei ganz bestimmten Maschinenkonstruktionen und besonderer Ausbildung aller Konstruktionsdetails die Receiverheizung entbehrlich erscheint.

Auspuffmaschinen. Als solche werden jene Dampfmaschinen bezeichnet, bei denen der Arbeitsdampf nach vollendeter Expansion in die Atmosphäre ausströmt. Mit freiem Auspuff arbeiten namentlich die Kleinmotoren, Lokomotiven und Lokomobilen, die Grossdampfmaschinen in den Fällen schwieriger und kostspieliger Beschaffung des Einspritzwassers oder bei Verwendung des Auspuffdampfes zu Heiz- oder Vorwärmzwecken.

Kondensationsmaschinen. Bei diesen strömt der Dampf nach der Arbeitsleistung im Dampfcylinder in den Kondensator aus, woselbst er durch Kühlwasser kondensirt wird. Zur Fortschaffung des Kondensats ist eine sogen. Luftpumpe notwendig, die in der Regel von der Dampfmaschine selbst angetrieben wird (s. Luftpumpen). Die Anwendung der Kondensation setzt genügende Kühlwassermengen voraus, zu deren Beschaffung besondere Brunnen oder Pumpwerke oder der Anschluss an die städtische Wasserleitung erforderlich sind. Steht genügende Einspritzwassermenge nicht zur Verfügung oder muss teures Wasserleitungswasser benützt werden, so lässt sich die Anwendung der Kondensation dadurch wirtschaftlich vorteilhaft gestalten, dass durch künstliche

Kühlung des im Kondensator erwärmten Einspritzwassers dessen Wiederverwendung ermöglicht wird. Hier dienen Gradirwerke, welche alsdann die Aufgabe haben, den vom Kühlwasser im Kondensator aufgenommenen Dampf wieder verdunsten zu lassen (s. Gradirwerke). Diese Möglichkeit der Wiederverwendung des Kühlwassers lässt Wassermangel für Anlage von Kondensationsmaschinen nicht mehr hinderlich erscheinen und setzt nur ausreichenden Platz für das Gradirwerk und entsprechende Erhöhung der Maschinenanlagekosten voraus.

Einfach wirkende Dampfmaschinen. Dieselben spielen heute nur noch eine beschränkte Rolle und finden bei den oberirdischen Wasserhaltungsmaschinen ohne Kurbelmechanismus vereinzelte Anwendung (Hubmaschinen, Cornwall-Maschinen). Sehr verbreitet sind dieselben noch heute in England, auch als ältere Wasserwerksmaschinen. Der Dampf wirkt im Cylinder nur zur Hebung der Pumpengestänge und deren Belastungsgewichte, während der Niedergang der letzteren selbstthätig durch deren Eigengewicht erfolgt und der Dampf während des entsprechenden Kolbenhubes keine Nutzarbeit verrichtet. Da mangels einer zwangläufigen Kolbenbewegung die schädlichen Räume sehr gross $(\frac{1}{4}-\frac{1}{2}')$ und die Hubzahl sehr klein (5—10 in der Minute) angenommen werden müssen, zeigen diese einfachwirkenden Maschinen auch sehr hohen Dampfverbrauch (60 bis 100 kg für die $P\,S_i$ und Stunde). — S. Wasserhebung.

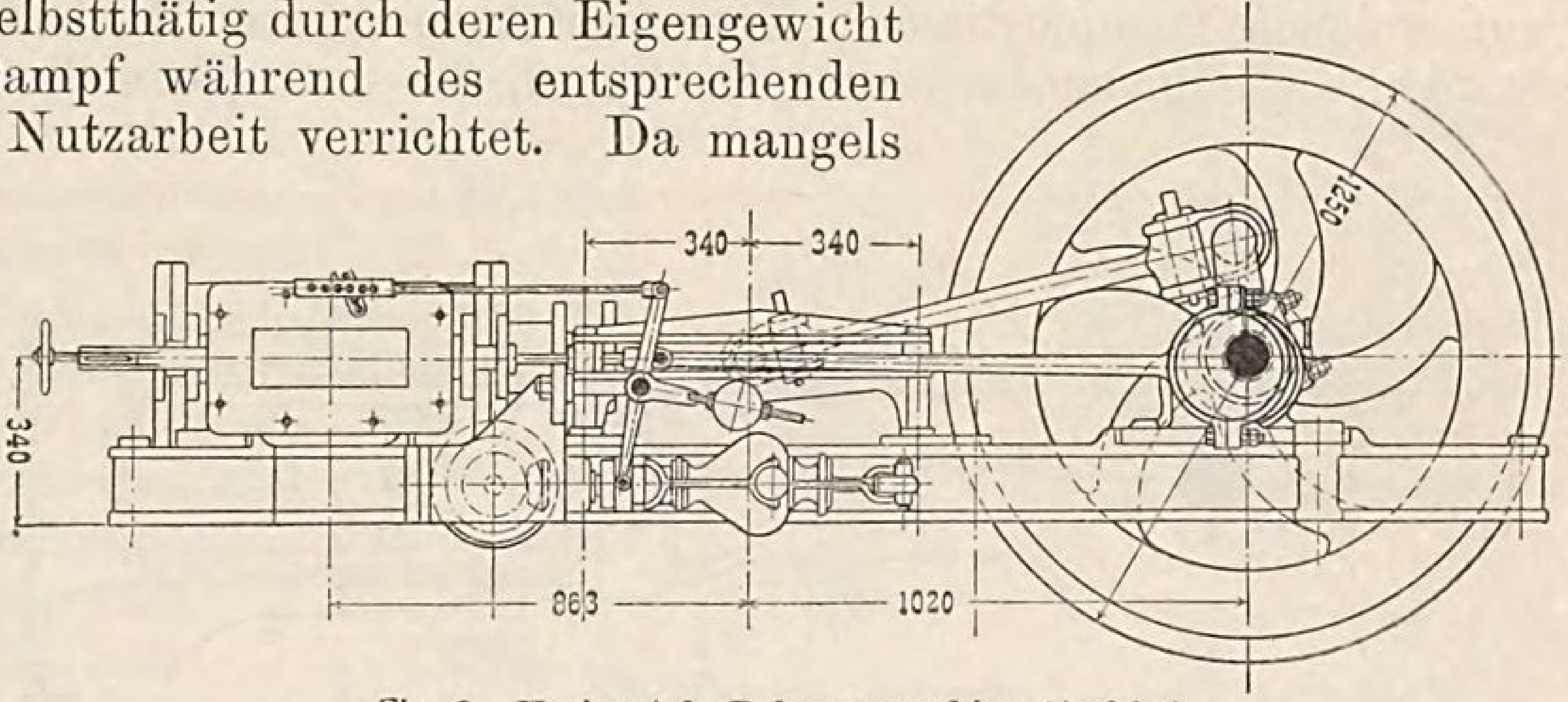


Fig. 2. Horizontale Rahmenmaschine (Aufriss).

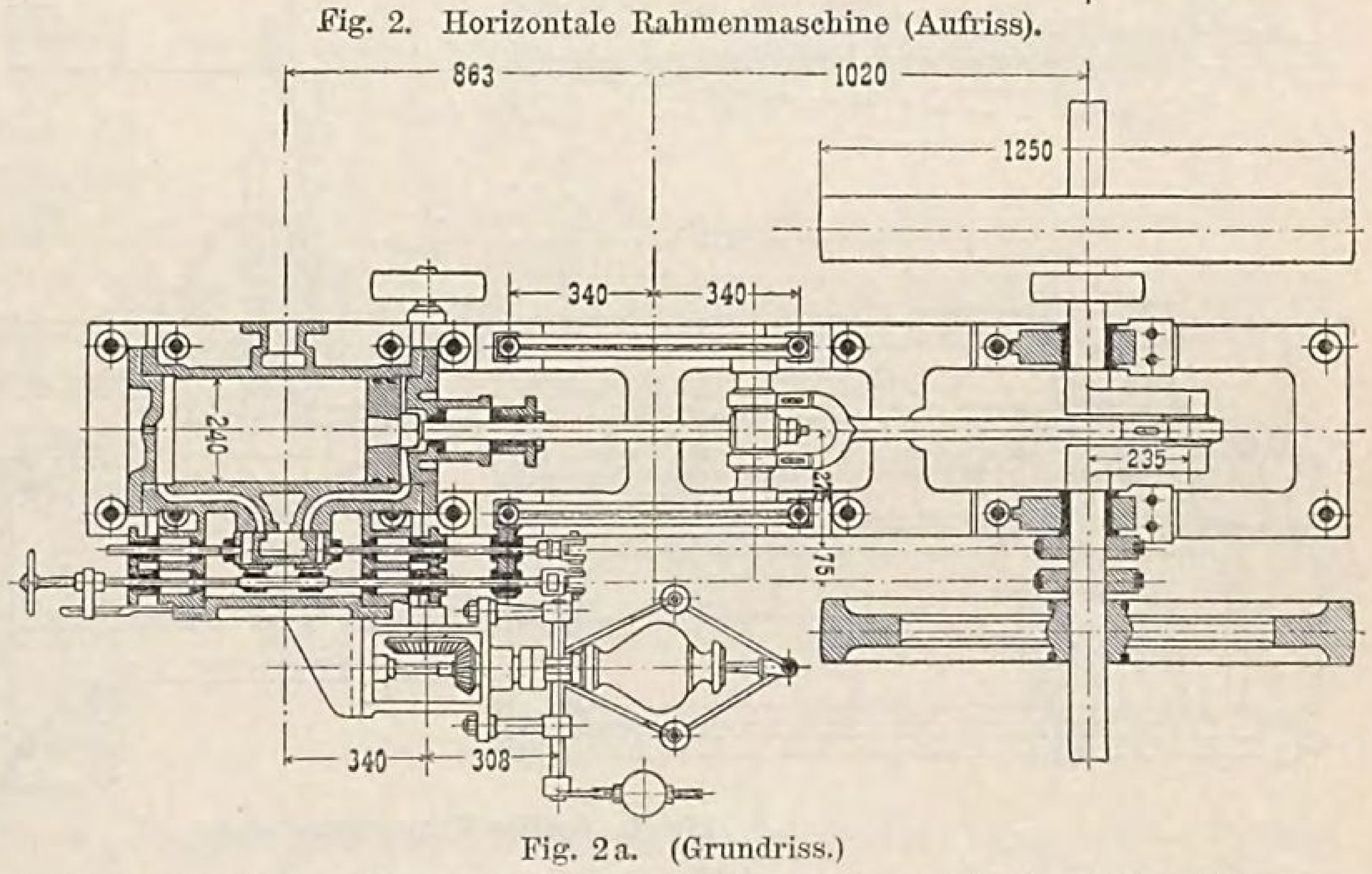


Fig. 2a. (Grundriss.)

Doppeltwirkende Dampfmaschinen. Bei diesen ist die verlangte Maschinenarbeit auf beide Kolbenhübe verteilt und in der Regel mit auf beiden Kolbenseiten identischer Dampfverteilung. Dieses allgemein übliche Maschinensystem lässt sich den meisten praktischen Anforderungen und Betriebsverhältnissen am besten anpassen und gestattet die höchste erreichbare Dampfökonomie. Der Nutzeffekt ist wesentlich höher als bei einfachwirkenden Maschinen, da mit jedem Hube Nutzarbeit geleistet wird. Die doppeltwirkenden Maschinen werden meist mit Kolbenmechanismus ausgeführt, gestatten daher beliebig hohe Umdrehungszahlen, kleine schädliche Räume und die Anwendung von Präzisionssteuerungen. Auch Hubmaschinen ohne Kurbelmechanismus besitzen häufig doppeltwirkende Dampfcylinder.

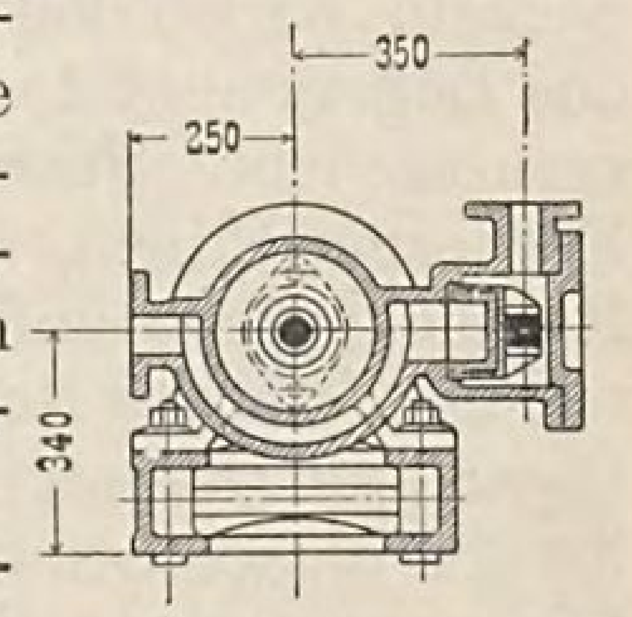


Fig. 3. Dampfcylinder-Querschnitt.

Die Eincylinder- oder Einfach-Expansionsmaschinen kommen im allgemeinen nur noch für mässige Leistungen und Dampfspannungen zur Anwendung, sowie in den Fällen, in welchen Einfachheit der Ausführung und geringe Kosten der Anlage zu erstreben sind, bei mässigen Ansprüchen an die Dampfökonomie. Die Eincylindermaschinen eignen sich nicht für Anforderungen auf hohen Gleich-

förmigkeitsgrad und sieht man sich daher in solchen Fällen genötigt, Zwillings- (Fig. 7, S. 188) oder Drillingsmaschinen auszuführen. Bei diesen wird die Dampfarbeit auf zwei oder drei entsprechend kleinere Cylinder mit gleichem Füllungs- oder Expansionsgrad des Dampfes verteilt. Die Maschinenkurbeln werden dabei um 90⁰ bezw. 120⁰ zu einander versetzt. Hinsichtlich des Dampfverbrauches zeigen die genannten Einfach-Expansionsmaschinen keinen wesentlichen Unterschied.

Horizontale Dampfmaschinen. Diese Aufstellungsweise ist die am meisten übliche; sie hat die Vorteile grosser Stabilität, guter Zugängigkeit aller Teile der Maschine, bequemer Bedienung und leichter Ueberwachung. Ihre Nachteile bestehen in einseitiger Abnützung der Triebwerksteile und in grosser Raumbeanspruchung. Die ältere Konstruktion der horizontalen Dampfmaschinen bestand in einem mit dem Fundament stark verankerten, durchgehenden Rahmen, auf welchen Dampfcylinder, Kreuzkopfführung und Kurbellager aufgeschraubt werden. (Rahmenmaschinen; die Fig. 2, 2a u. 3 geben die Konstruktion einer

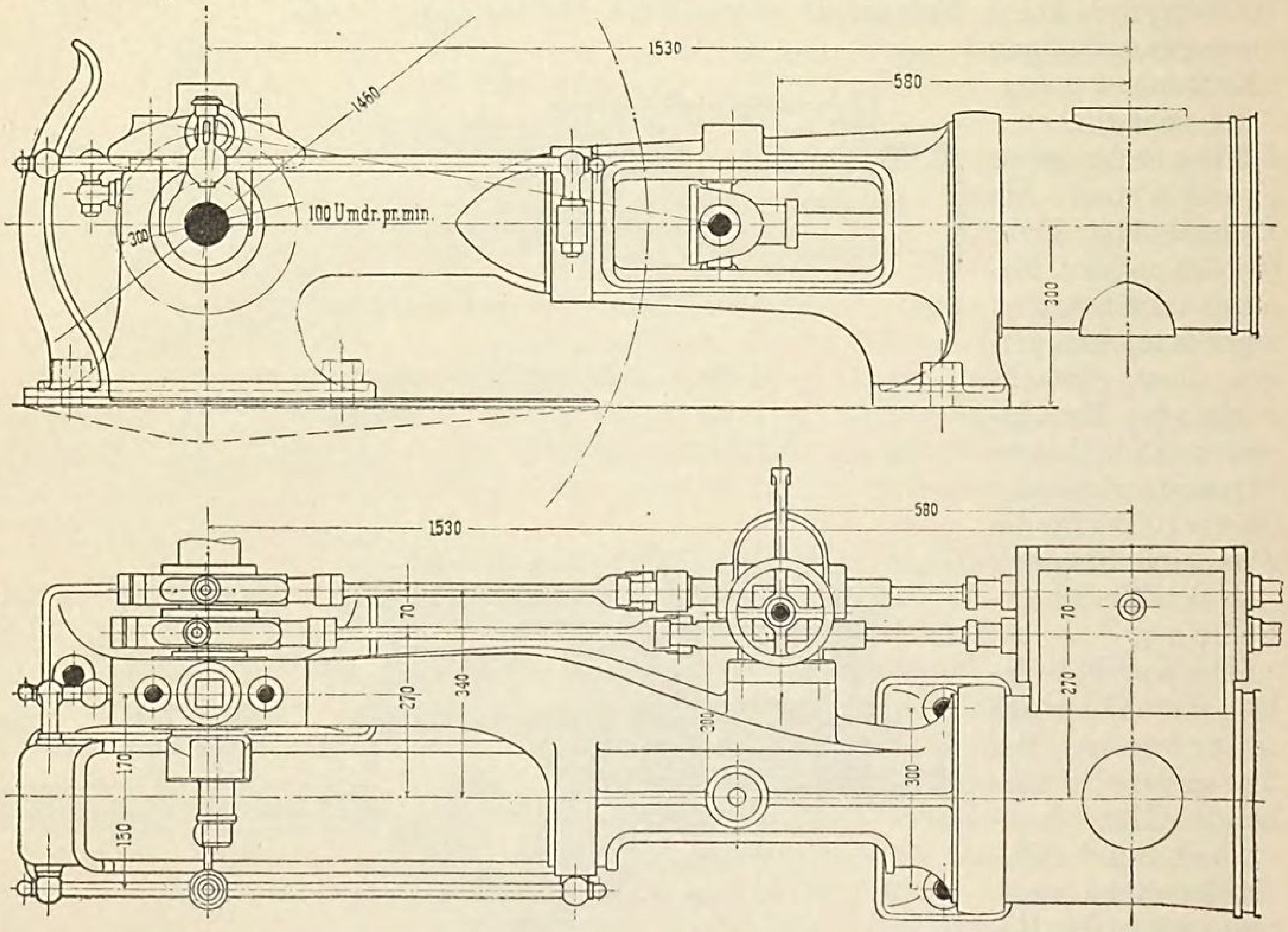


Fig. 4. Corliss-Rahmenmaschine.

solchen als Wandmaschine.) Da die Verschraubung genannter Maschinenteile meist unterhalb der Horizontalebene der Maschinenaxe erfolgt, so besitzt diese Konstruktion den Mangel, dass die im Kurbellager und in den Dampfcylinderdeckeln wirkenden Reaktionen der Triebwerksdrücke an den Befestigungsstellen des Lagers und des Cylinders bedeutende Biegungsbeanspruchungen des Rahmens verursachen. Stark beanspruchte Maschinen, wie besonders Walzwerks- und Fördermaschinen, weisen daher an den betreffenden Befestigungsstellen häufig Rahmenbrüche auf. Diesen Uebelstand beseitigte Corliss durch seinen Bajonettrahmen (Corliss-Rahmen, Fig. 4). Derselbe erscheint im Aufriss zwischen Kurbellager und Dampfcylinder symmetrisch zur Maschinenaxe ausgebildet, so dass die in der Maschinenaxe wirkende Resultante vorbezeichneter Reaktionsdrücke ohne Biegungsmomente in der vertikalen Schwingungsebene vom Rahmen aufgenommen wird. Der Anschluss des Dampfcylinders erfolgt mittelst eines zu dessen Axe konzentrischen Rahmenflantsches und die Kreuzkopfführung besitzt symmetrisch zur Maschinenaxe schwalbenschwanzförmige oder cylindrische Gleitflächen (Fig. 5). Kreuzkopfführung und Kurbellager verbindet ein seitlich der Maschinen-

axe anschliessender Balken, der zwischen Kurbellager und Dampfcylinder symmetrisch zur Maschinenaxe ausgebildet ist. Am Kurbellager und an der Rundführung wird der Bajonettrahmen mittelst kräftiger Füsse mit dem Fundament verschraubt, während der Dampfcylinder, mittelst einer Flantsche einseitig an der Rundführung mit dem Rahmen verbunden, entweder frei schweben kann oder, bei grossem Gewicht desselben, an seinem hinteren Ende unterstützt wird. Diese Konstruktion ermöglicht freie Ausdehnung des Cylinders, unabhängig von der Rahmenbefestigung; sie ist daher zweckmässiger als die bei den meisten Corliss-Maschinen übliche, bei welcher der Rahmen vom Kurbellager bis zum Dampfcylinder frei schwebt und letzterer selbst mit dem Fundament verschraubt wird. Dampfmaschinen für grosse Leistungen und mit schweren Schwungrädern, wie Walzwerks- und Fördermaschinen, erhalten den genannten Rahmen besser so ausgebildet, dass er vom Kurbellager bis zur Dampfcylinderbefestigung auf dem Fundamente aufliegt, behufs einer soliden Verbindung der Maschine mit dem Fundament. Die zur Cylinderaxe konzentrische Rundführung des Kreuzkopfes (Fig. 5) vereinfacht sowohl die Bearbeitung des Rahmens, wie auch die Adjustirung des Dampfcylinders. Eincylindermaschinen mit Kurbelantrieb setzen die Anwendung eines zweiten Lagers der Kurbelwelle voraus, das unabhängig vom Maschinenrahmen mit dem Fundament verschraubt wird (ähnlich wie in Fig. 1). Bei Anwendung einer gekröpften Welle können die beiden Kurbelwellenlager mit der Rundführung zu einem gemeinsamen gabelförmigen Rahmen verbunden und zusammengegossen werden (Gabelmaschinen, Fig. 6). Diese in sich geschlossene Rahmenform eignet sich hauptsächlich für kleinere Ausführungen und erfordert keine besonderen Montagearbeiten.

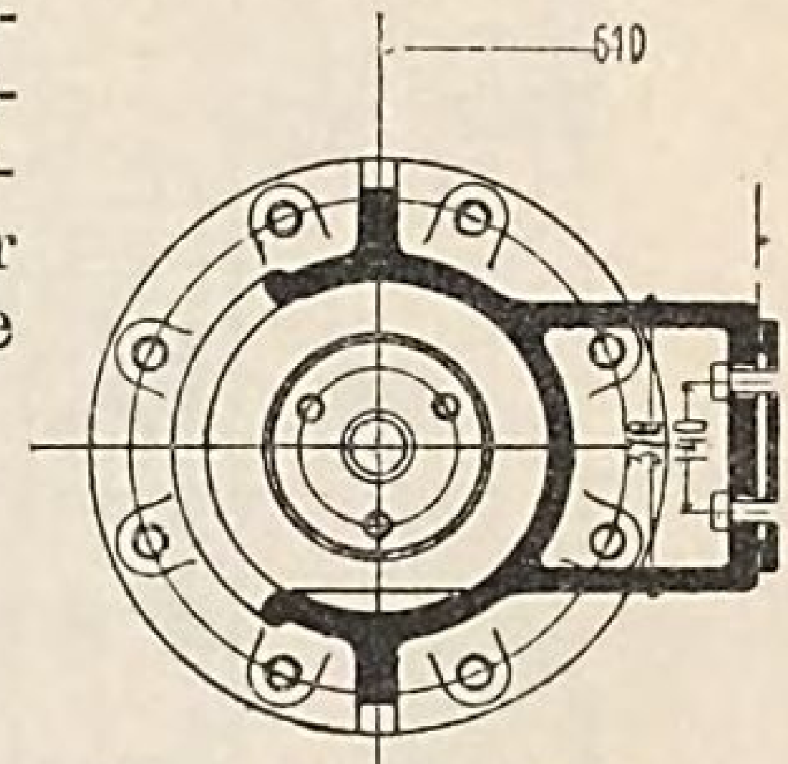


Fig. 5. Kreuzkopfführung.

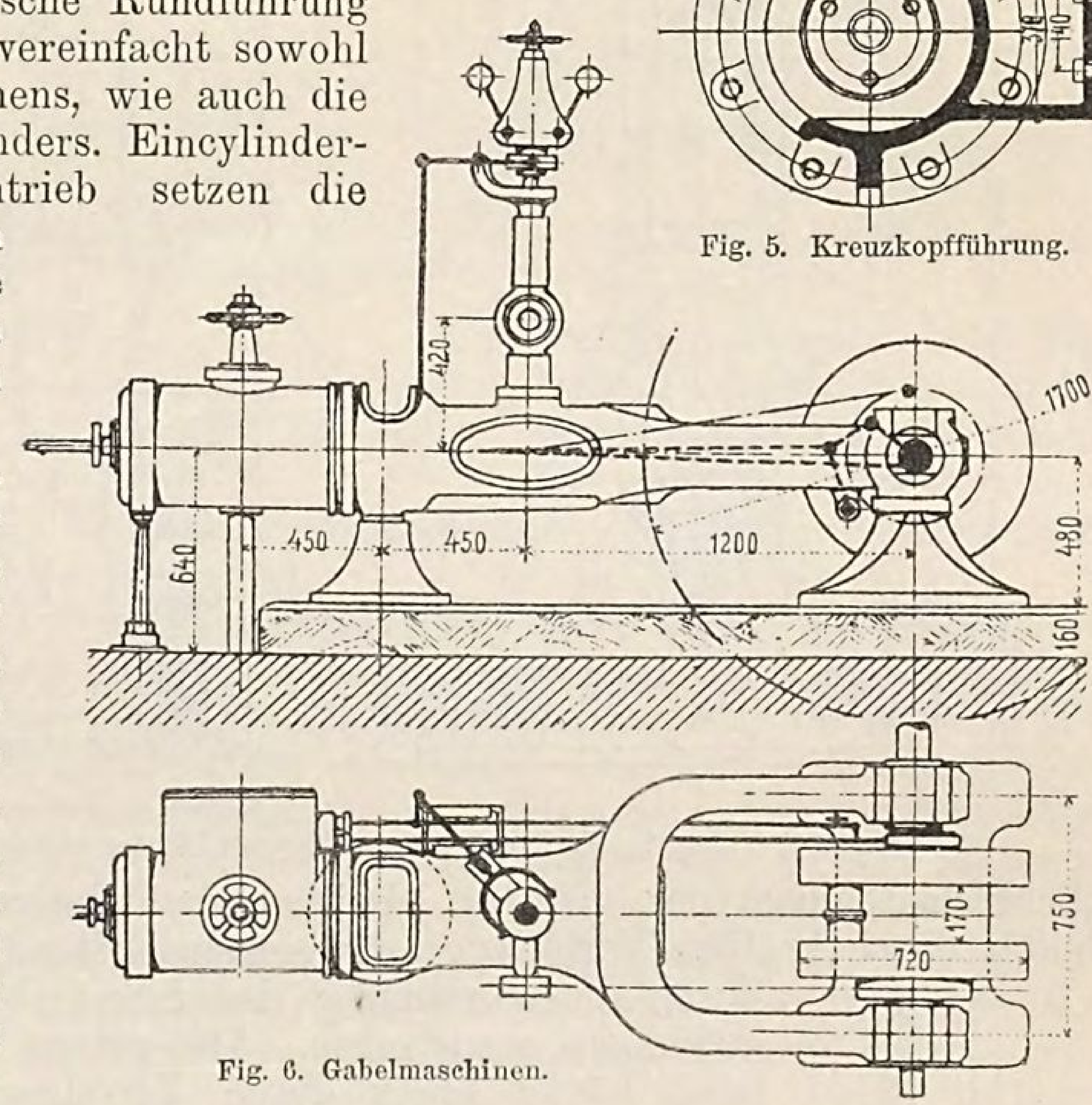


Fig. 6. Gabelmaschinen.

Vertikale Dampfmaschinen. Die vertikale Aufstellung der Dampfmaschine hat gegenüber der horizontalen den Vorzug geringer Raumbeanspruchung und geringer Abnützung der Triebwerksteile, sowie leichter Dichthaltung von Stopfbüchsen, Kolben und Steuerteilen. Als Uebelstand dagegen macht sich die schwierige Zugänglichkeit der Triebwerksteile und der Dampfcylinder, sowie geringere Stabilität der Maschine und teurere Fundirung geltend. Der Hub wird zur Erhöhung der Stabilität stets kleiner genommen als bei gleich starken horizontalen Maschinen und es erscheint aus gleichem Grunde mitunter selbst die Reduktion der Schubstangenlänge auf den vierfachen Kurbelradius gerechtfertigt. Die Dampfcylinder werden in der Regel oben, die Kurbelwelle unten angeordnet, wobei ein bequemer und einfacher Aufbau des Maschinenständers sich ergibt. Zur umgekehrten Anordnung ist man nur ausnahmsweise veranlasst. Die Ständer lassen sich in verschiedener Weise ausbilden. Eine zweckmässige Form bilden zwei gusseiserne Füsse, welche sich oben zu einem Kranz für die Cylinderverschraubung vereinigen und unten auf einem Rahmen aufsitzen, der die Kurbelwellenlager enthält (Fig. 7). Bei kleineren Dimensionen wird Ständer und Grundrahmen in ein Gussstück vereinigt (Fig. 8).

Sehr häufig erfolgt die Ausbildung der Ständer mit einseitigen, genügend kräftigen, gusseisernen Füssen und schmiedeeisernen Unterstützungsstangen

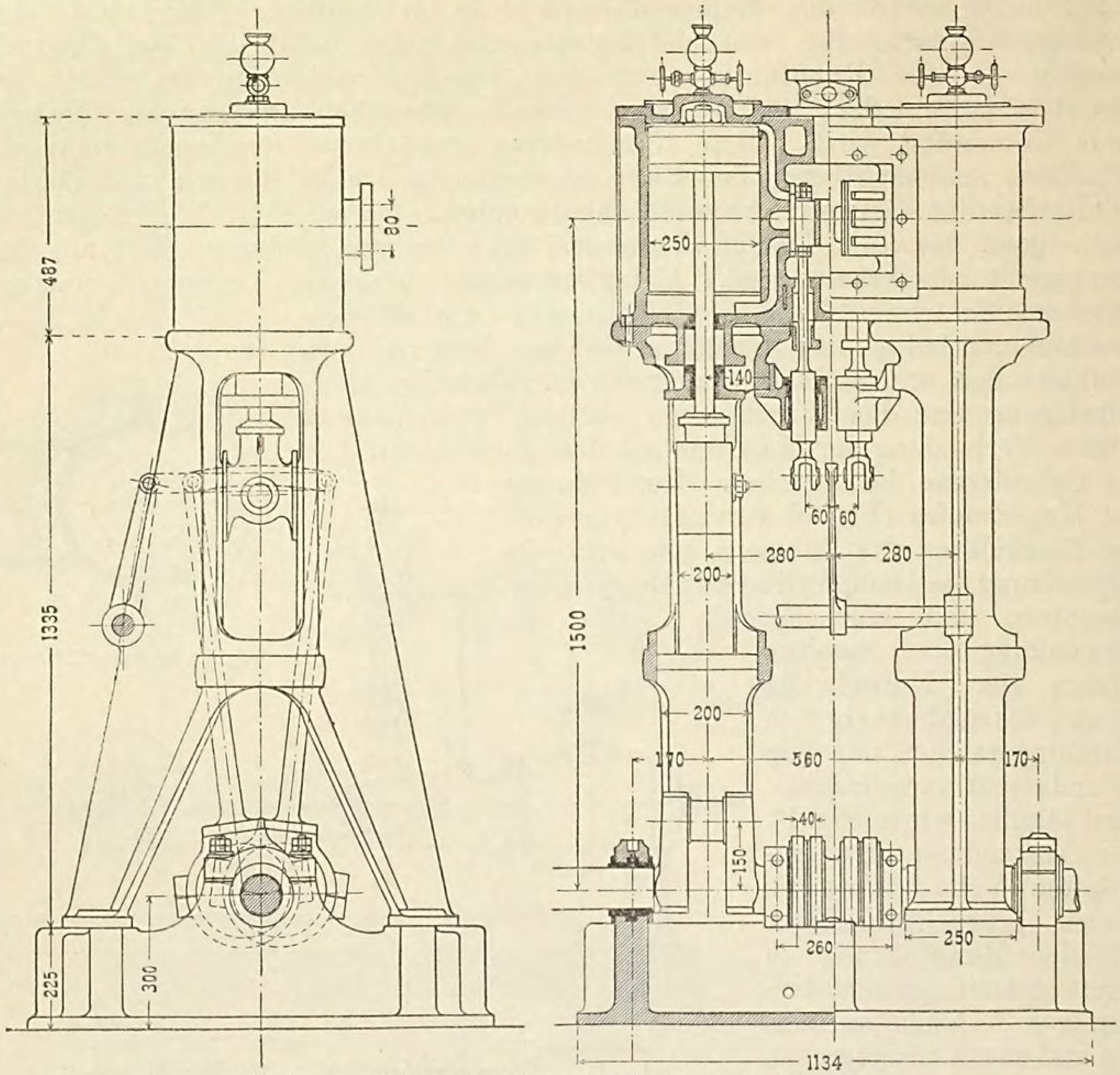


Fig. 7. Vertikaldampfmaschine mit Ständer und Grundrahmen.

(Schiffsmaschinentypus, Fig. 9). Bei mehrcylinderigen Maschinen ist die Stabilität durch kräftige Verbindung der einzelnen Ständer unter einander entweder durch Verschraubung der Ständerköpfe oder durch Querversteifungen anzustreben. Die nötige Starrheit der Konstruktion wird häufig sogar durch Verschraubung der Dampfcylinder unter einander bewirkt, namentlich bei Schiffsmaschinen. In Fig. 9 sind beide Dampfcylinder sogar aus einem Stück gegossen. Es ist jedoch die obere Verbindung der Ständer mit vollständig von einander getrennten Dampfcylindern vorzuziehen, um die freie Ausdehnung der letzteren nicht zu behindern. Bei der Konstruktion der Kreuzkopfführung als Rundführung oder als einseitige Linealführung ist die Rücksicht auf leichte Zugängigkeit der Triebwerksteile und Dampfcylinderstopfbüchsen massgebend. Die Kurbellager bedürfen keiner seitlich nachstellbaren Lagerschalen, da die Abnützung der letzteren nur in vertikaler Richtung erfolgt.

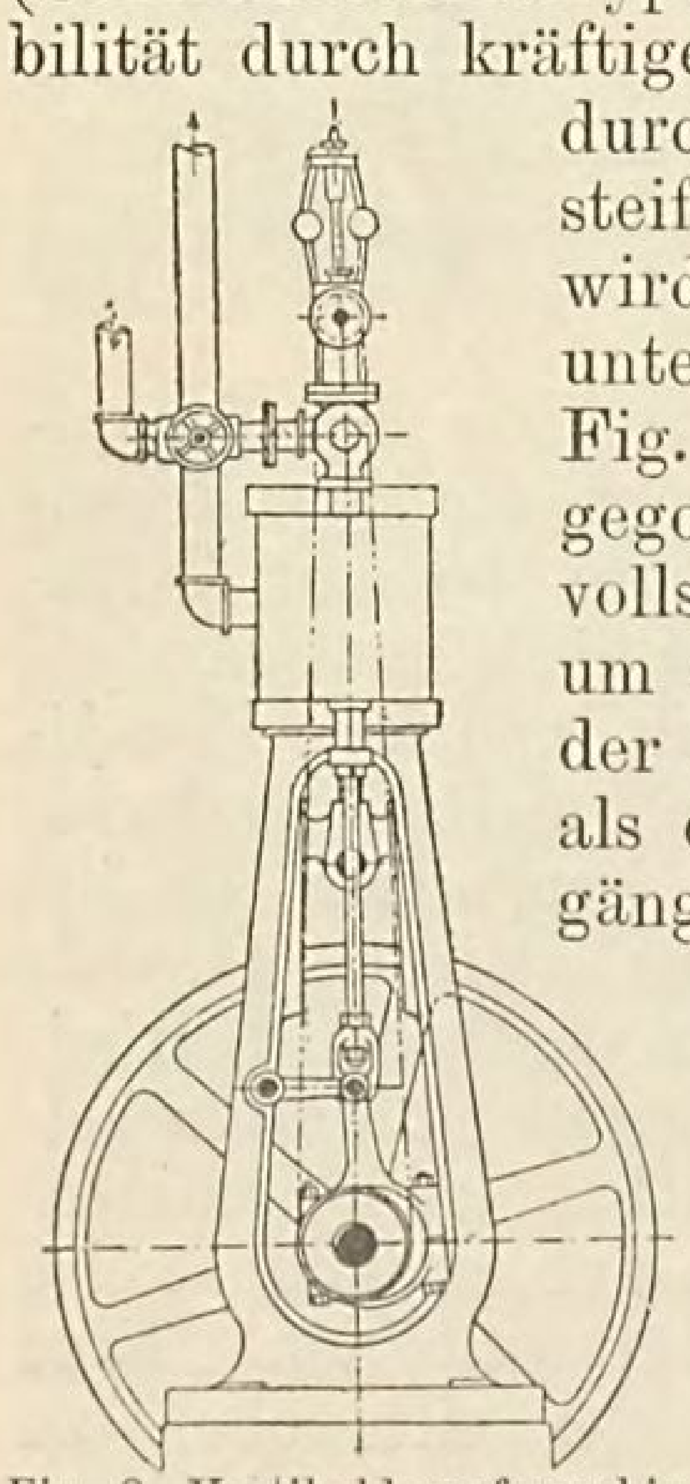


Fig. 8. Vertikaldampfmaschine mit gemeinsamem Rahmen.

Balancier-Maschinen (vgl. a. Bd. 1, S. 754). Diese besitzen die Vorteile der vertikalen Aufstellung hinsichtlich der Abnützung und Dichtheit und sind stabiler als die vorher besprochene Anordnung. Sie benötigen jedoch ungefähr dieselbe Grundfläche wie horizontale Dampfmaschinen. Ausserdem haben sie den Nachteil komplizirter Kraftleitung im Kurbeltriebwerk und Balancier, sind komplizirt in der Ausführung und kostspielig in der Anlage. Ihre

Umdrehungszahl ist infolge grosser bewegter Massen ebenfalls beschränkt (im Maxim. 30—40 minutl. Umdrehungen), so dass die Dampfcylinder und Maschinendimensionen wesentlich grösser werden als bei gleich starken, stehenden Maschinen ohne Balancier. Die Balanciermaschinen

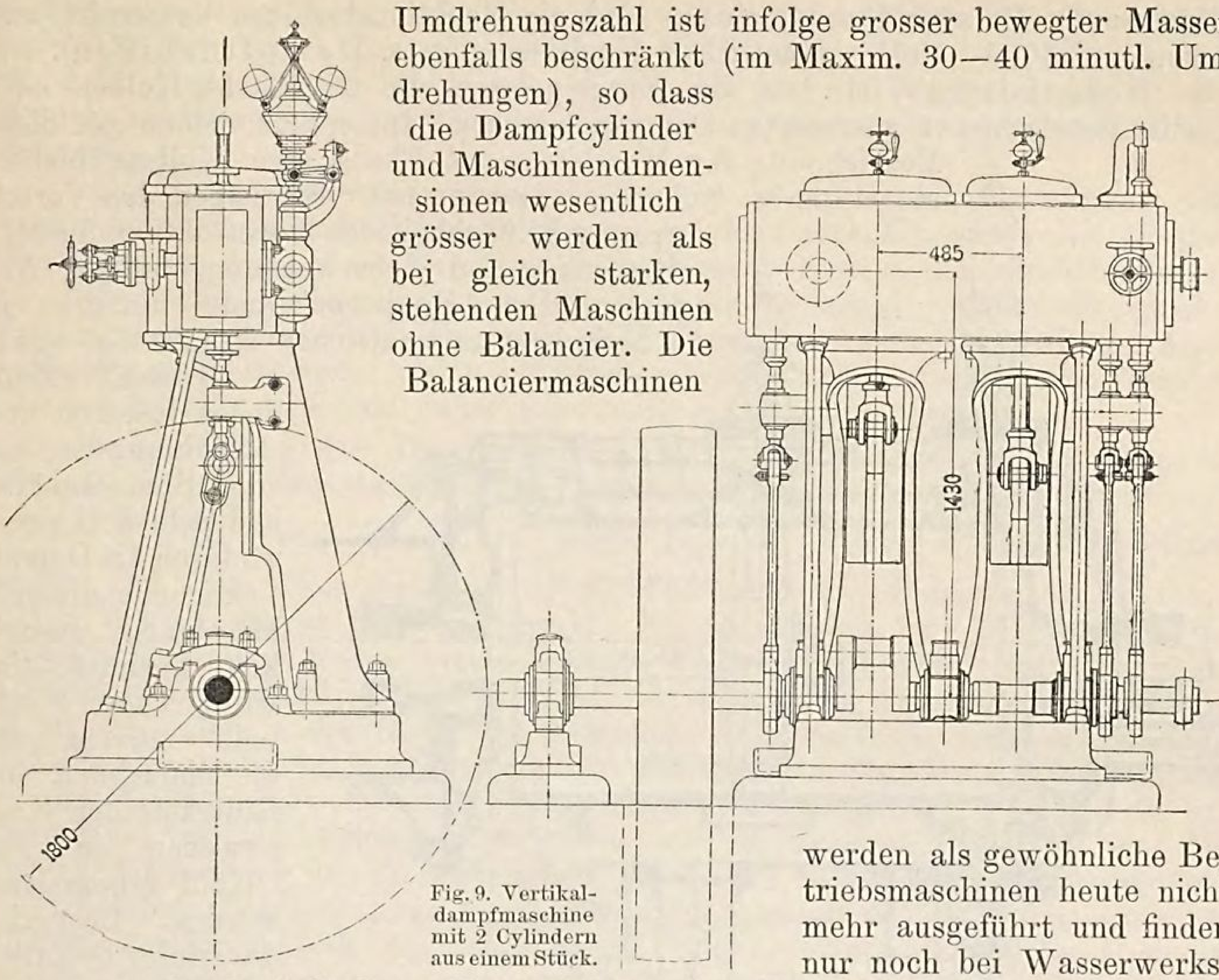


Fig. 9. Vertikaldampfmaschine mit 2 Cylindern aus einem Stück.

werden als gewöhnliche Betriebsmaschinen heute nicht mehr ausgeführt und finden nur noch bei Wasserwerkspumpen und oberirdischen Wasserhaltungsmaschinen vereinzelte berechtigte Anwendung (vergl. a. W a s s e r h e b u n g).

L a n g s a m l a u f e n d e D a m p f m a s c h i n e n. Unter diesen werden Dampfmaschinen von geringer Hub- oder Umdrehungszahl (30—40 i. d. Min), wie solche im früheren Dampfmaschinenbau allgemein üblich waren, verstanden. Zu ihnen gehören hauptsächlich die Balanciermaschinen. Der heutige Maschinenbau hat diese geringen Hub- oder Umdrehungszahlen verlassen und es werden selbst Betriebsmaschinen von 60—75 minutlichen Umdrehungen noch zu den langsam gehenden Maschinen gerechnet. Der Vorteil langsamen Ganges besteht in geringer Abnützung der Triebwerksteile und langer Lebensdauer der Maschinen.

R a s c h l a u f e n d e D a m p f m a s c h i n e n spielen im neueren Maschinenbau eine wichtige Rolle durch das Bestreben nach kleinen Ausführungsdimensionen, geringem Raumbedarf und niedrigen Anlagekosten; ihr Bau ist durch die Forderungen des Dynamomaschinenbetriebs nach Dampfmaschinen mit hohen Umdrehungszahlen besonders gefördert worden. Mit rascherem Gang sind stärkere Abnützung und grösserer Verschleiss der Triebwerksteile und infolge dessen höhere Betriebskosten verbunden. Die Lebensdauer schnelllaufender Maschinen ist naturgemäss kleiner als die langsam laufender Maschinen. Kleindampfmaschinen werden vornehmlich als sogen. Schnellläufer mit 250—350 minutlichen Umdrehungen ausgeführt, während man bei den Grossdampfmaschinen gewöhnlicher Konstruktion für mehrere hundert Pferdestärken nicht über 100—200 Touren hinausgeht. Die Konstruktion raschlaufender Maschinen verlangt besondere Berücksichtigung der Massenwirkung der Triebwerksteile. Die Erreichung ruhigen, stossfreien Ganges ist an ganz bestimmte Dampfverteilung und Kompressionsgrade gebunden und ausserdem nimmt auf dieselbe auch die Ausführung selbst, sowie das Spiel der Triebwerkszapfen in ihren Lagern, wesentlichen Einfluss (vergl. M a s s e n k r ä f t e). — Zu aussergewöhnlichen Konstruktionen raschlaufender Dampfmaschinen gehören die Willans-Dampfmaschinen und die Dampfturbinen. Willans verwendet selbst für Maschinen grosser Leistung 350—450 minutliche Umdrehungen. Die Aktionsturbinen von De Laval weisen je nach der Leistung 15—30000 Umdrehungen in der

Minute auf. Parsons Dampfturbinen sind als Reaktionsturbinen konstruirt und laufen mit 3000—10000 minutlichen Umdrehungen (s. Dampfturbinen).

Schiebermaschinen. Zu diesen gehören die mit Flach-, Kolben- oder Corliss-Rundschieber gesteuerten Dampfmaschinen. Im engeren Sinne gilt diese Bezeichnung für Maschinen mit Flach- oder Kolbenschiebersteuerung (s. Schiebersteuerung). Sie haben den Vorteil grosser Einfachheit der Konstruktion, leichter Bedienung und Ueberwachung, billiger Anlage. Ihre Hauptübelstände bestehen in schwieriger automatischer Regulirung, sowie in grossen schädlichen Räumen und Abkühlungsflächen der Steuerkanäle und Schieberkasten, wodurch die Dampfökonomie dieser Maschinen wesentlich beeinträchtigt wird. Diese Nachteile müssen für die Einfachheit und Billigkeit der Konstruktion in den Kauf genommen werden. Bezüglich dauernder Dichtheit der Steuerorgane sind Maschinen mit Flachschiebersteuerung (Fig. 2, 2 a u. 3) solchen mit Kolbenschieber vorzuziehen; dagegen sind letztere wegen geringen Bewegungswiderstandes leichter durch den Regulator zu beeinflussen.

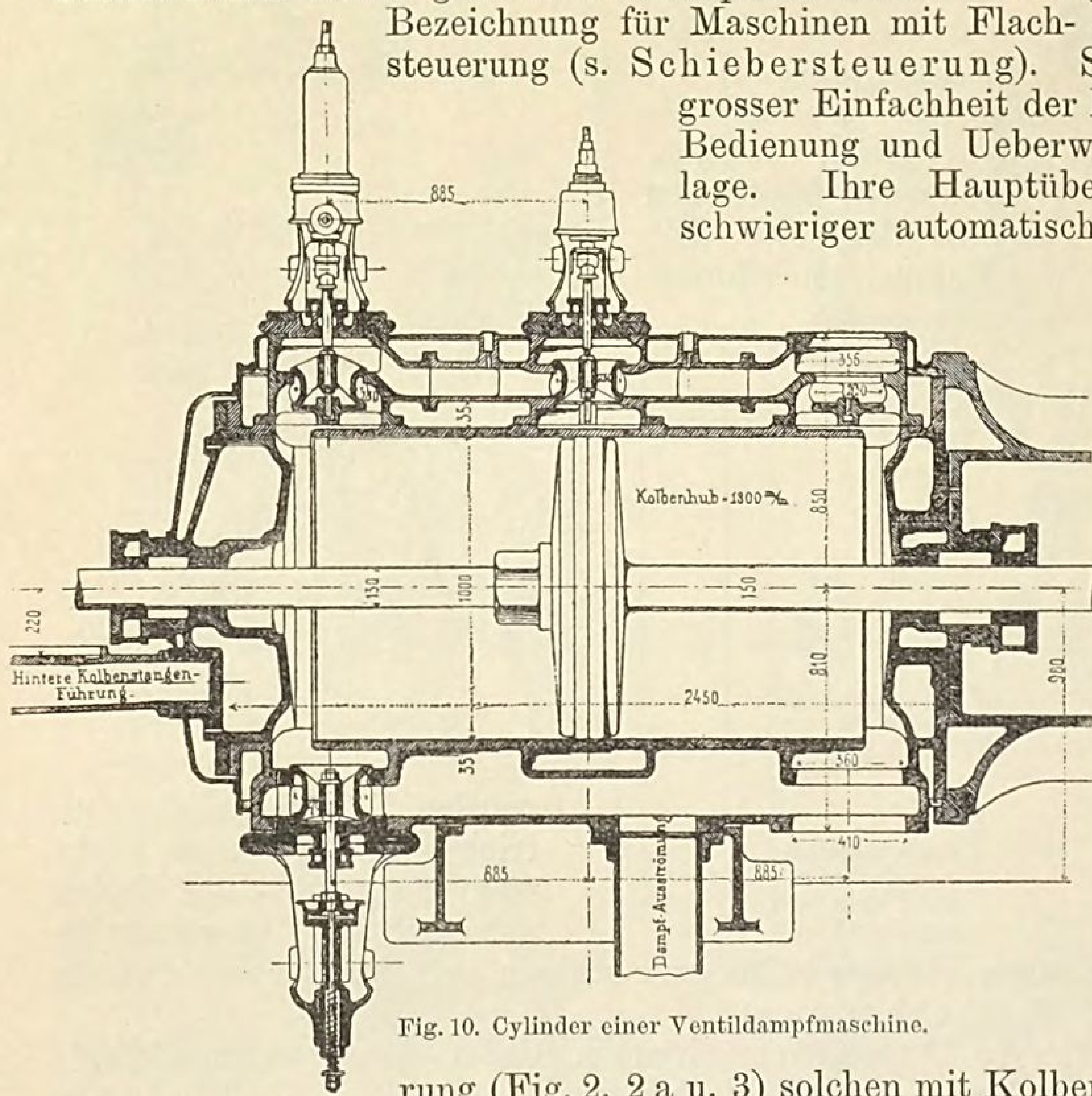
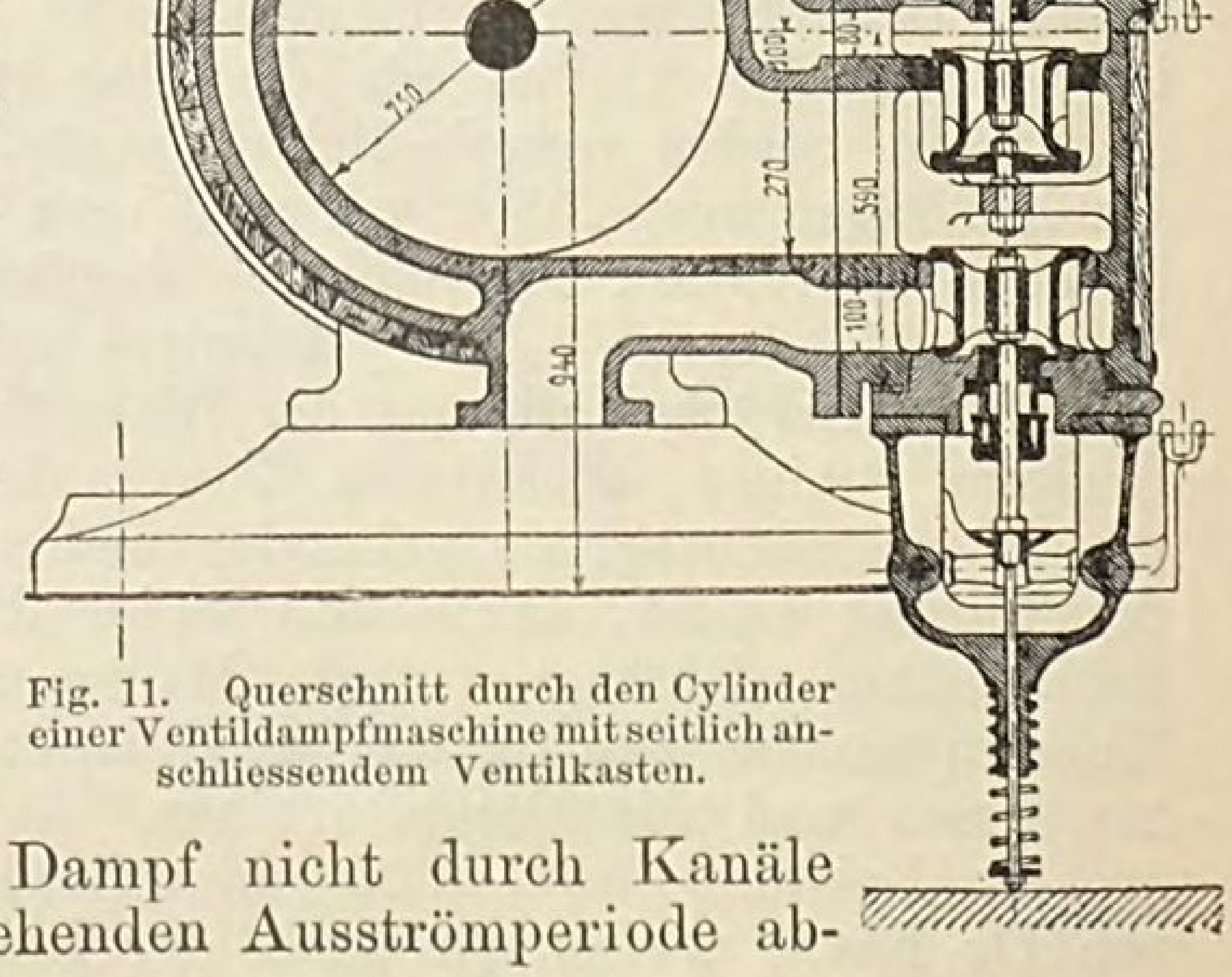


Fig. 10. Cylinder einer Ventildampfmaschine.

Ventildampfmaschinen haben als Steuerorgane getrennte Einlass- und Auslassventile, welche bei doppeltwirkenden Dampfmaschinen an beiden Cylinderenden meist in der oberen und unteren Mantellinie (Fig. 10) weniger häufig in seitlich anschliessenden Ventilkasten (Fig. 11) angeordnet werden. Die Ventildampfmaschinen sind komplizirter in der Ausführung als Schiebermaschinen und rechtfertigen sich nur bei sorgfältig unterhaltenen grösseren Anlagen oder für Maschinen, bei denen es auf möglichst geringen Dampfverbrauch und möglichst leichte Regulirfähigkeit ankommt. Sie besitzen den Vorteil sehr leichter Einwirkung des Regulators auf die äussere Steuerung, rascher Anpassung der Maschinenleistung an veränderliche Widerstände und damit Erreichung hohen Gleichförmigkeitsgrades des Maschinenganges. Die schädlichen Räume werden fast ebenso gross als diejenigen der Schiebermaschinen; doch wirkt die vollständige Trennung der Ein- und Auslassorgane dadurch günstig auf den Dampfverbrauch, dass der frisch eintretende Dampf nicht durch Kanäle zugeführt wird, die von der vorhergehenden Ausströmperiode ab-


Fig. 11. Querschnitt durch den Cylinder einer Ventildampfmaschine mit seitlich anschliessendem Ventilkasten.

gekühlt worden sind (s. unter Ventilsteuerungen). Die Ventilmaschinen laufen in der Regel nur mit mässigen Umdrehungszahlen (60—75 in der Minute); doch sind sie auch mit Vorteil bis zu 150 Umdrehungen in der Minute im Betrieb, namentlich bei Dynamomaschinen mit rasch wechselnder Belastung.

Als Präzisionsdampfmaschinen werden die Ventilmaschinen mit Ausklink- oder zwangläufiger Steuerung der Einlassventile sowie die Corliss-Maschinen (s. Schiebersteuerung) betrachtet. Erstere dominiren besonders in Deutschland, Oesterreich und der Schweiz, während letztere die grösste Verbreitung in Amerika, England und Frankreich gefunden haben. Auch Schiebermaschinen lassen sich als Präzisionsdampfmaschinen konstruiren, werden aber schwerfällig und sind daher nur wenig in Aufnahme gekommen.

Berechnung der Dampfmaschinen. Zur Berechnung der Cylinderdimensionen doppeltwirkender Dampfmaschinen dient allgemein die Beziehung: $Ni = \frac{2F.S.p_m.n}{60.75}$ und $Ne = \eta Ni$; darin bedeutet F den Cylinderquerschnitt in qcm, S den Kolbenhub in m, p_m den mittleren Dampfdruck in Atm. und n die minutliche Umdrehungszahl, Ni die indizirte und Ne die effektive Maschinenleistung, η den mechanischen Wirkungsgrad oder Nutzeffekt, als Verhältnis der effektiven zur indizirten Arbeit. Den Ausgangspunkt für die Rechnung bilden in der Regel die geforderte effektive oder indizirte Leistung und die anzustrebende Dampfverteilung. Als effektive oder Nutzleistung ist die an der Schwungradwelle abgegebene Arbeit zu betrachten, während die im Dampfcylinder aufgewendete Arbeit die indizirte genannt wird und um den Betrag der Reibung der Triebwerksteile grösser ist als erstere. Die Bestimmung der effektiven Leistung kann durch Bremsung geschehen, die jedoch nur bei kleinen Maschinen leicht und auf längere Dauer ausführbar ist. Das Bremsen grosser Maschinenleistungen wird wegen der damit verbundenen Umständlichkeiten, Schwierigkeiten und Gefahren nur selten vorgenommen. Um ein Urteil über die inneren Reibungswiderstände zu gewinnen und die effektive Maschinenleistung angenähert zu bestimmen, begnügt man sich in der Regel mit der Ermittelung der indizirten Leerlaufarbeit. Die indizirte Maschinenarbeit lässt sich mittelst des Indikators (s. d.) zuverlässig feststellen und bildet daher das Indikatordiagramm die zweckmässigste Rechnungsgrundlage. — Der innere Reibungswiderstand für den belasteten Zustand der Maschine ist alsdann gleich dem Leerlaufwiderstand vermehrt um die sogen. zusätzliche Reibung, über deren Grösse jedoch allgemein giltige Werte nicht angegeben werden können. Für eine in Creuzot eingehend untersuchte 150pferdige Eincylindermaschine ergab sich beispielsweise die Beziehung der indizirten zur effektiven Leistung wie folgt:

$N_e = 0{,}902\,N_i - 16$ bei Betrieb mit Kondensation,
$N_e = 0{,}945\,N_i - 12$ „ „ ohne „

Der mechanische Wirkungsgrad ergibt sich für Kleindampfmaschinen kleiner als für Grossdampfmaschinen und schwankt für normale Ausführungsverhältnisse zwischen 75—90 %; im Mittel kann für alle Maschinengrössen ein Nutzeffekt von 85 % als erreichbar angenommen werden. Die zweite wichtige Rechnungsgrundlage, die Dampfverteilung, welche durch das anzustrebende Dampfdiagramm festgelegt ist (Fig. 12), setzt die Kenntnis der Eintrittsspannung des Dampfes, der Betriebsweise der Maschine und der Anforderungen an den Dampfverbrauch voraus. Für die genaue Bestimmung der Dampfcylinderdimensionen ist das Dampfdiagramm in möglichster Uebereinstimmung mit dem zu erwartenden Indikatordiagramm aufzuzeichnen und zwar unter Berücksichtigung der dynamischen Verhältnisse für die Ein- und Ausströmung des Dampfes in und aus dem Cylinder. Bei der Eintrittsperiode

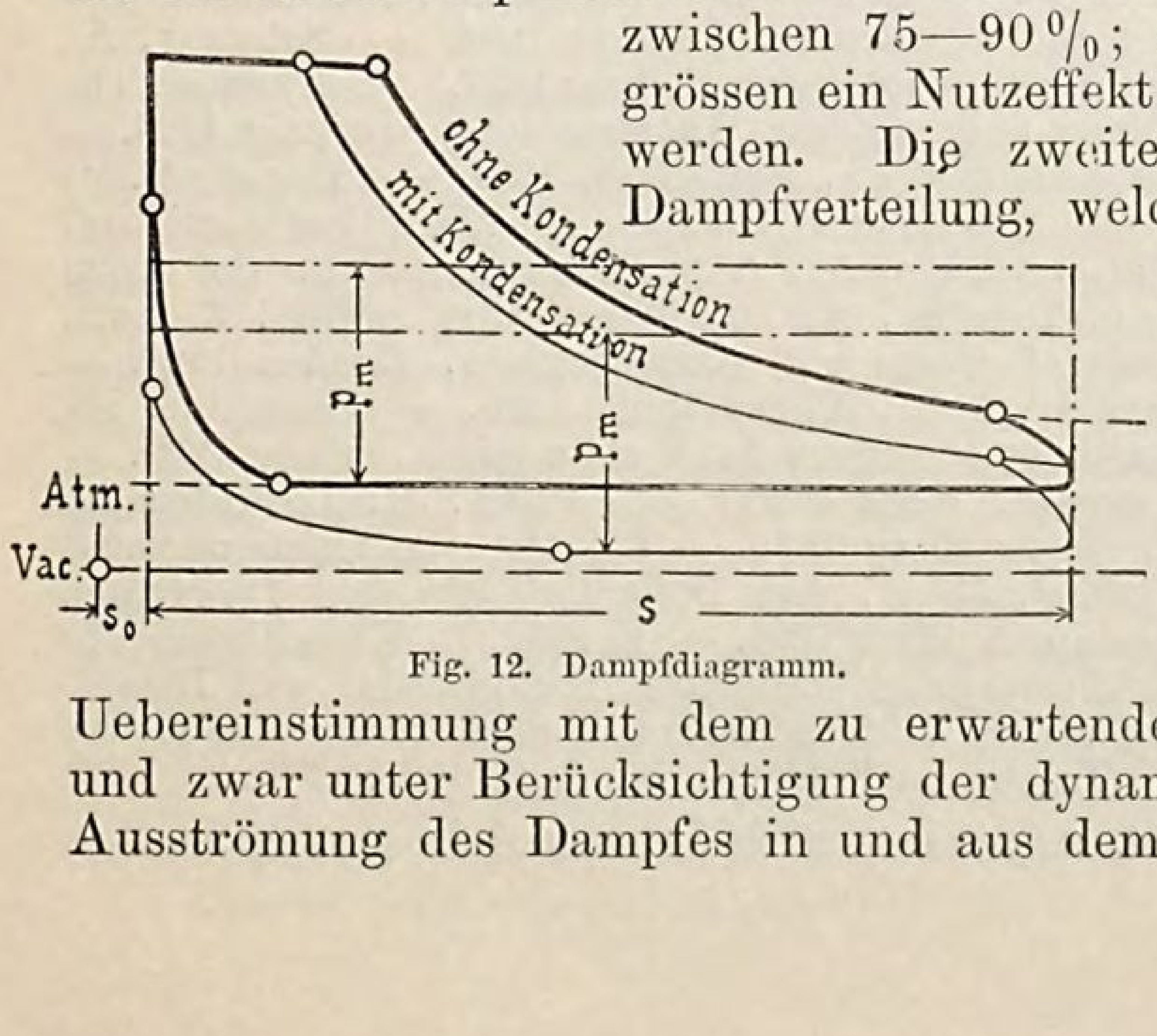


Fig. 12. Dampfdiagramm.

sind die Druckverluste des Dampfes in der Zuleitung (s. Berechnung der Dampfleitungen, Bd. 3, S. 178) und in den Einströmkanälen zu berücksichtigen. Die Vorausströmung ist so gross zu wählen, dass bis zum Hubwechsel bei Beginn der Ausströmperiode die Endexpansionsspannung auf die Austrittsspannung sinken konnte; massgebend sind hierfür der Dampfüberdruck bei Beginn der Vorausströmung, die Eröffnungsquerschnitte der Auslasssteuerung und die für die Vorausströmung verfügbare Zeit. Die Auspuffspannung bei genügend grossen Kanal- und Rohrquerschnitten kann als konstant angenommen werden und zwar nahezu gleich der Atmosphären- oder Kondensatorspannung für Auspuff- bezw. Kondensationsmaschinen. Der Kompressionsgrad ist von der Massenwirkung der Triebwerksteile und der Grösse der schädlichen Räume abhängig zu machen.

Zur annähernden Berechnung der Zwei- oder Mehrcylindermaschinen genügt für jede beliebige Versetzung der Kurbeln das Eincylinderdiagramm für gleiche Gesamtexpansion (Fig. 13). Eine Teilung dieses Diagramms durch horizontale Linien, entsprechend unendlich grossem Receiverinhalt in zwei oder mehrere Teile ergibt annähernd die Diagramme der einzelnen Cylinder, deren Volumen wie die Grundlinien ihrer Diagramme sich verhalten. Aus den Teildiagrammen ergeben sich die Triebwerksdrücke und Steuerungsverhältnisse sowie die Arbeiten der einzelnen Cylinder. Letztere werden aber infolge der Abweichungen der wirklichen Dampfverteilung von der angenommenen im allgemeinen für die einzelnen Cylinder kleiner und zwar beim Hochdruckcylinder etwa 5 % und bei dem Mittel- und Niederdruckcylinder mindestens 10 %. Die Teilung der Diagrammfläche wird in der Regel so vorgenommen, dass die einzelnen Cylinder gleiche Arbeiten auf die Maschinenkurbeln übertragen. Für die Zweifach-Expansionsmaschine ergibt sich für gleiche Arbeitsverteilung auf Hoch- und Niederdruckseite das Verhältnis beider Cylinder zu etwa 1 : 2. Zur genauen Ermittelung der Dampfdiagramme der einzelnen Cylinder von Zwei- und Mehrcylinder-Maschinen wird am besten das Kolbenweg- oder Volumendiagramm benützt. *Gutermuth.*

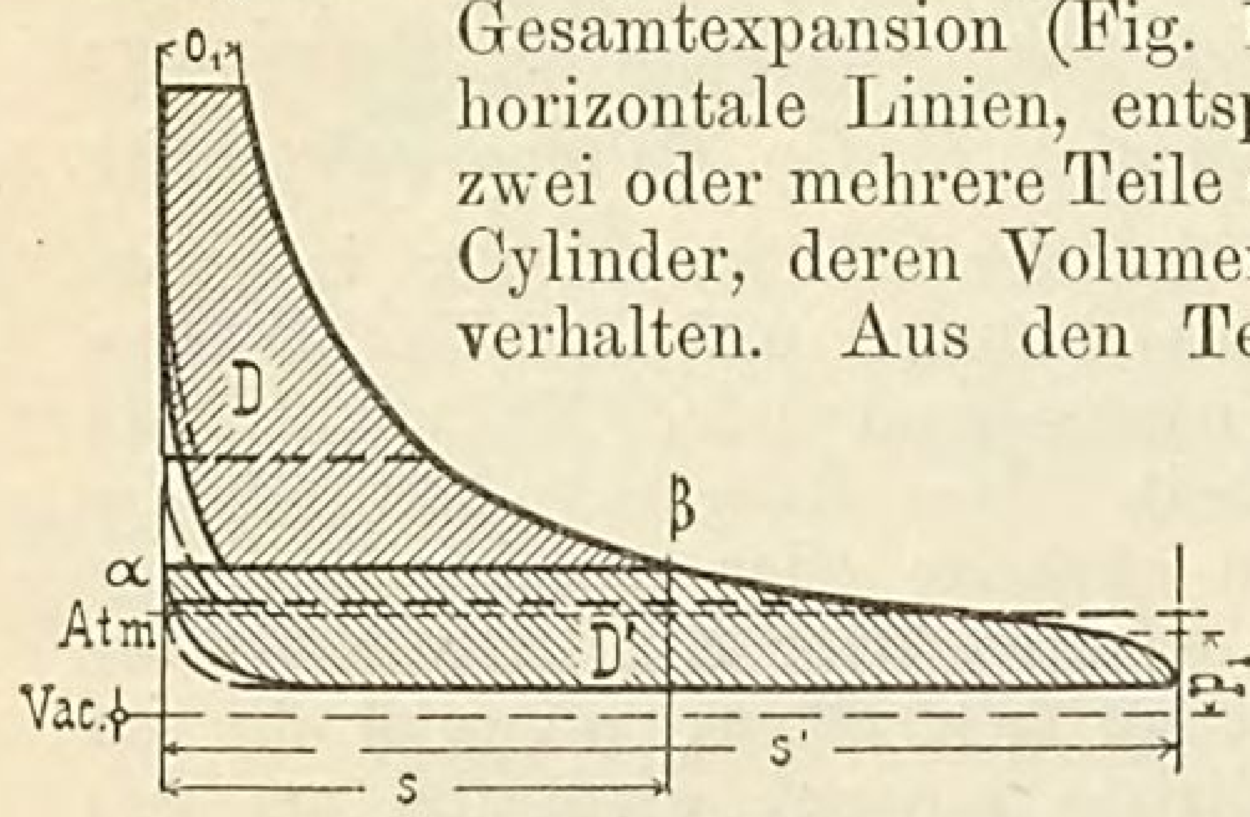


Fig. 13. Eincylinderdiagramm.

Litteratur: Ein Verzeichnis der sehr wichtigen und umfangreichen Zeitschriften-Litteratur findet sich in der Zeitschr. d. Vereins deutsch. Ingen. (s. a. das Stichwort „Dampfmaschinen" im Inhaltsverzeichnis der Jahrg. 1884—93, Berlin 1895). Kurz gefasste Mitteilungen über Dampfmaschinen sind in den jährlich erscheinenden technischen Kalendern, z. B.: Kalender für Maschineningen. von Uhland, Leipzig; Kalender für Dampfbetrieb (Dampf), Berlin; Fehlands Ingenieur-Kalender, Berlin u. a. enthalten. Ausserdem nennen wir folgende neuere selbständige Werke: Buchetti, J., Les machines à vapeur à l'exposition universelle de Paris 1889, Paris 1890. — Hrabák, J., Hilfsbuch für Dampfmaschinentechniker, 2. Aufl., Berlin 1891. — Bernoulli, Ch., Dampfmaschinenlehre, 7. Aufl., Stuttgart 1891. — Scholl, C. F., Führer des Maschinisten, Braunschweig 1891. — Radinger, G., Ueber Dampfmaschinen mit hoher Kolbengeschwindigkeit, 3. Aufl., Wien 1893. — Sauvage, E., Les divers types de moteurs à vapeur, Paris 1893. — Widmann, E., Principes de la machine à vapeur, Paris 1893. — Foulon, V., Cours élémentaire de machines à vapeur, Gand 1893. — Goodeve, T. M., Textbook on the steam engine etc., 12. Aufl., London 1893. — Reiche, H. v., Der Dampfmaschinen-Konstrukteur, Aachen 1893. — Burn, R. S., The steam engine: its history and mechanism, London 1894. — Schanog, A., Anleitung zur Wartung von Dampfkesseln und Dampfmaschinen, Leipzig 1894. — Schwartze, Th., Katechismus der Dampfkessel, Dampfmaschinen und anderer Wärmemotoren, Leipzig 1894. — Ewing, J. A., The steam engine and other heat engines, New-York 1894. — Hoyer, E. v., Kurzes Handbuch der Maschinenkunde, 6. Lief., München 1894. — Alheilig, Construction et résistance des machines à vapeur, Paris 1894. — Rigg, A., A practical treatise on the steam engine, London 1894. — Henthom, J. T., u. Thurbes, C. D., The Corliss engine, 3. Aufl., London 1894. — Jamieson, A., A text-book of steam and steam engines, London 1894. — Rose, J., The complete practical machinist, 19. Aufl., Philadelphia 1895. — Demoulin, M., Traité pratique de la construction des machines à vapeur fixes et marines, Paris 1895. — Alheilig et Roche, Traité des machines à vapeur, Paris 1895. — Pechan, J., Leitfaden des Maschinenbaues, 2. Aufl.; Motoren, 3. Aufl., Reichenberg 1895. — Léloutre, Le fonctionnement des machines à vapeur, Paris 1895. — Pichler, M. v., Der Indikator und sein Diagramm, Handbuch zur Untersuchung von Dampfmaschinen, Wien 1895. — Kosak, G., Katechismus der Einrichtung, des Betriebes und der Kräfteübertragung stationärer Dampfkessel und Dampfmaschinen oder Erörterung der bei der gesetzlichen Prüfung vorkommenden Fragen für Heizer und Maschinenwärter, 9. Aufl., Wien 1895. Taschenbuch Hütte, 16. Aufl. 1896.

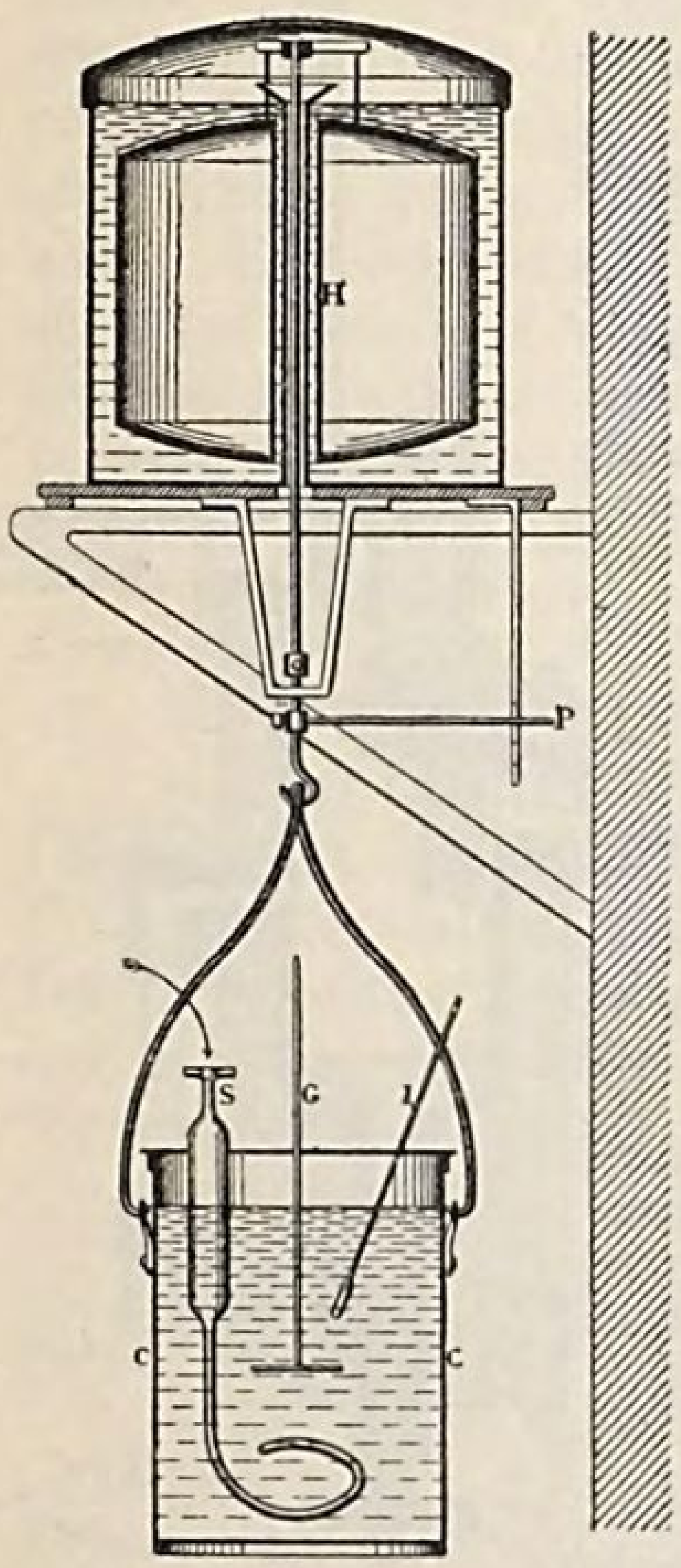
Dampfmaschinen auf Schiffen, s. auch Schiffsmaschinentypen.

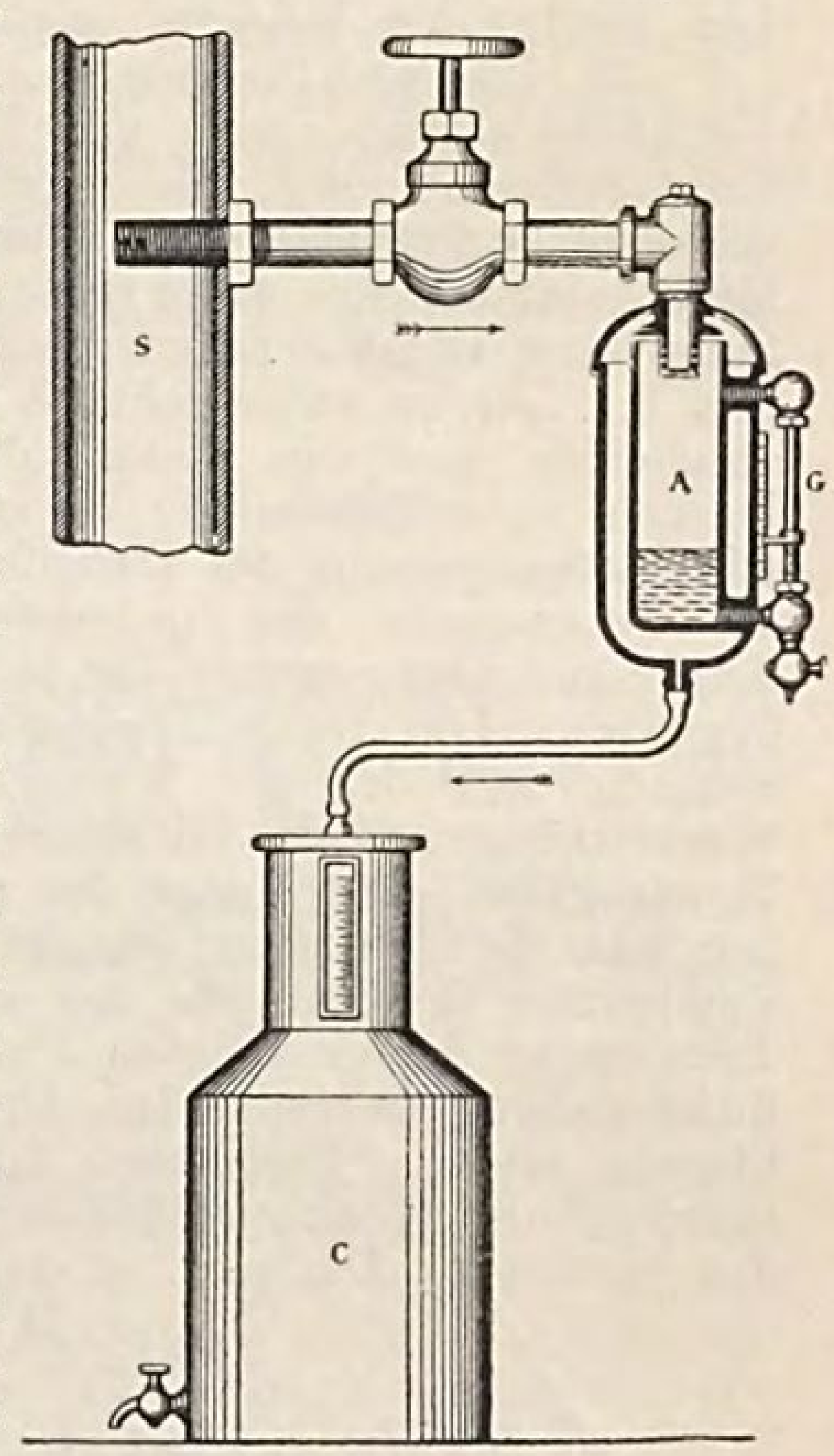
Dampfmaschinen für das Kleingewerbe, s. Kleindampfmaschinen.

Dampfmesser, Vorrichtung zum Messen der Dampfspannung; s. Manometer.

Dampfmischapparate, s. Strahlapparate.

Dampfnässe oder Dampffeuchtigkeit bezeichnet den Wassergehalt des Dampfes. Derselbe kann entstanden sein durch mechanisches Mitreissen von Wasser aus dem Kessel oder durch Abkühlung des Dampfes in den Dampfleitungen, sowie durch die bei der Dampfexpansion auftretende Kondensation. Der auf letzterem Wege entstehende Wassergehalt kann selbst bei grossen Pressungsunterschieden praktisch nur verschwindend klein sein, da die mit der Expansionsarbeit geleistete Reibungsarbeit sich hauptsächlich in Wärme umsetzt und dadurch ein Nachverdampfen verursacht; dagegen wird der Wassergehalt des Dampfes bei starkschäumendem Kessel einerseits, sowie durch Abkühlungsverlust in langen Dampfleitungen andererseits, sehr beträchtlich. Bei normalem Kesselbetrieb und mässiger Feuerung beträgt der Feuchtigkeitsgehalt des aus dem Kessel abziehenden Dampfes erfahrungsgemäss nicht über 1 %. Bei forcirtem Kesselbetrieb oder geringem Wasserraum, sowie unzweckmässiger Dampfentnahme kann der Wassergehalt jedoch auf 10 und mehr Prozent sich steigern, abgesehen von der in der Dampfleitung durch äussere Abkühlung sich bildenden Kondensationswassermenge. — Genaue und genügend erprobte Methoden zur Bestimmung der Dampfnässe sind zur Zeit noch nicht bekannt. Von den bis jetzt üblichen physikalischen und chemischen Verfahrungsweisen mögen nachfolgende erwähnt werden:


Fig. 2.


Fig. 1.

1. Durch Wägung. Da nach Regnaults Versuchen die spez. Gew. des gesättigten Dampfes für die praktisch in Betracht kommenden Pressungen bekannt sind, so kann die Dampfnässe durch Wägung einer Dampfprobe von bekanntem Volumen ermittelt werden. Dieses Verfahren ist sehr umständlich, weil eine grosse Zahl von Proben zu untersuchen ist, um einen richtigen Mittelwert für die Dampffeuchtigkeit zu erhalten. Zur Wägung geeignete Apparate sind beschrieben in [1] und [2].

2. Durch Wasserabscheidung. Eine von Carpenter, Professor an der Cornell-Universität in Nordamerika angewendete Vorrichtung (Fig. 1) besteht aus zwei konzentrisch in einander gesetzten Cylindern, von denen der äussere geschlossen, der innere oben offen ist. Ein Bruchteil des zu untersuchenden Dampfes wird mittelst eines dünnen durchlöcherten Röhrchens *S* aus der Dampfleitung abgezogen und strömt von oben in den Innencylinder aus, wobei das Dampfwasser infolge der eintretenden Geschwindigkeitsverminderung des Dampfes sich ausscheidet und im unteren Teile des Cylinders *A* sich ansammelt. Der Versuchsdampf strömt weiter durch den Ringraum, welcher als Dampfmantel wirkt, und vom unteren Teile des Aussencylinders in eine Kühlschlange des Behälters *C*, in der er vollständig kondensirt. Der Feuchtigkeitsgrad des untersuchten Dampfes ermittelt sich aus den Gewichten oder Volumen des im Abscheider angesammelten Wassers und des kondensirten Dampfes.

3. Durch Kondensation. Dieser Weg wurde zuerst von Hirn eingeschlagen. Er verwendete einen Kondensator *C* (Fig. 2), der an einer Schwimmerwage hing. Eine bestimmte Menge des zu untersuchenden Dampfes tritt durch ein Rohr *S* in den Kondensator ein und mischt sich mit dem Kühlwasser unter Mithilfe eines Rührwerkes. Die Einstellung der Wage vor und nach der Kondensation erfolgt durch Regulirung mit Gewichten auf eine bestimmte Marke. Das Verfahren erfordert ausserordentlich sorgfältige Temperaturmessungen und Wägungen und macht noch umständliche Korrekturen wegen der Wärmeverluste nötig. — Sei x das spez.

Dampfgewicht, w die Gewichtszunahme während des Versuches, so sind xw^k Dampf und $(1-x)w^k$ Wasser in den Kondensator gelangt; wenn ferner W das Gewicht des Kühlwassers samt Wasserwert des Kondensators und t_d die Temperatur des zu untersuchenden Dampfes, sowie t_a und t_e die Anfangs- und Endtemperatur des Kühlwassers und J die Dampfwärme bedeuten, dann ist:

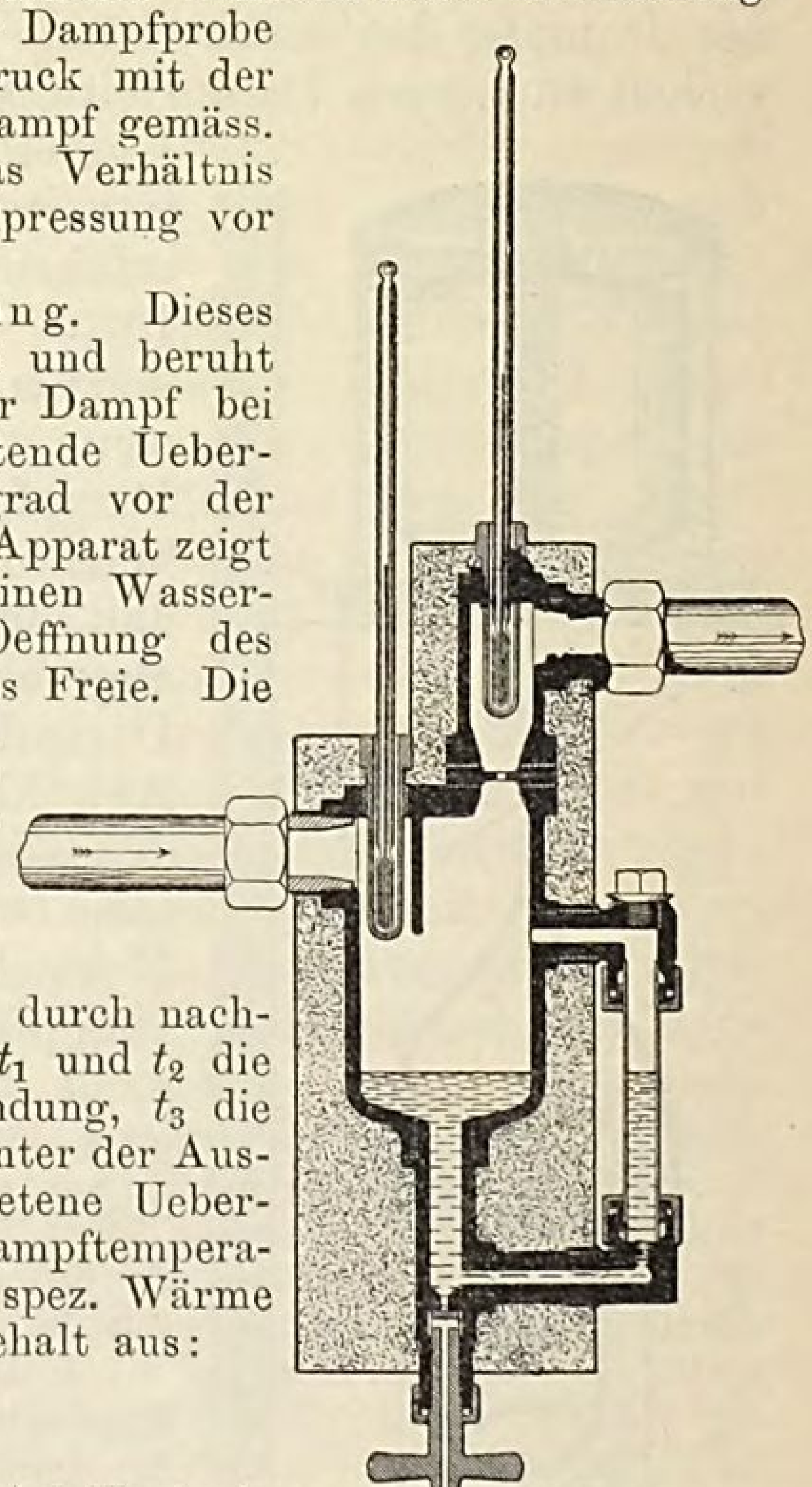
$$x = \frac{W(t_e - t_a) - w(t_d - t_e)}{w(J - t_d)}$$

Es ist zweckmässig, die Anfangstemperatur des Kühlwassers so viel unter der Aussentemperatur anzunehmen, als die Endtemperatur über derselben sich ergibt. Den Mängeln dieses Verfahrens kann dadurch abgeholfen werden, dass statt der Kondensation einzelner Dampfproben eine fortlaufende Kondensation vorgenommen wird.

4. Durch Nachverdampfen. Die kalorimetrische Bestimmung des Wassergehaltes kann auch durch Ermittelung derjenigen Wärme erfolgen, welche zur Verdampfung des in einer gegebenen Dampfmenge enthaltenen Wassers notwendig ist. Verfahren von Leloutre. Auf demselben Vorgang beruht der Gehre'sche Feuchtigkeitsmesser. Ein Teil des in der Hauptleitung strömenden, zu untersuchenden Dampfes wird in einer Zwischenleitung zwischen zwei Absperrventilen abgefangen und mittelst Gasflammen erhitzt. Während dieser Erwärmung wird die Aenderung des Druckes und der Temperatur der Dampfprobe beobachtet. So lange der Dampf feucht ist, steigt der Druck mit der Temperatur, dem Regnault'schen Gesetz für gesättigten Dampf gemäss. Die Dampffeuchtigkeit ist alsdann ausgedrückt durch das Verhältnis der spez. Gewichte des Dampfes bei der Anfangs- und Endpressung vor dem Beginn der Ueberhitzung.

5. Ueberhitzung mittelst Dampfdrosselung. Dieses Verfahren wurde zuerst von Prof. Peabody vorgeschlagen und beruht auf der Erscheinung, dass frei ausströmender gedrosselter Dampf bei mässiger Dampfnässe sich überhitzt und die dabei auftretende Ueberhitzungstemperatur einen Schluss auf den Feuchtigkeitsgrad vor der Drosselung zulässt. Einen für dieses Verfahren geeigneten Apparat zeigt Fig. 3. Der zu untersuchende Dampf srömt zunächst in einen Wasserabscheider und von diesem durch eine 1,5 mm weite Oeffnung des Deckels unter Drosselung bis zur Atmosphärenspannung ins Freie. Die Eintrittstemperatur des Dampfes im Wasserabscheider und die Temperatur des gedrosselten Dampfes hinter der Ausflussmündung wird durch empfindliche Thermometer gemessen. Die Dampffeuchtigkeit setzt sich alsdann zusammen aus der im Wasserabscheider ausgeschiedenen Wassermenge und der im abströmenden Dampfe ermittelten Feuchtigkeit. Die Menge des untersuchten Dampfes wird durch nachträgliche Kondensation mittelst Wägung bestimmt. — Ist t_1 und t_2 die Temperatur des Dampfes vor und hinter der Ausflussmündung, t_3 die Temperatur des gesättigten Dampfes, entsprechend dem hinter der Ausflussmündung herrschenden Drucke, dann ist die eingetretene Ueberhitzung $t_2 - t_3$. Bezeichnen ferner J_1 und J_3 die den Dampftemperaturen t_1 und t_3 entsprechenden Dampfwärmen, und c_p die spez. Wärme des gesättigten Dampfes, so ergibt sich der Feuchtigkeitsgehalt aus:

$$x = \frac{J_3 + (t_2 - t_3)\,c_p - t_1}{J_1 - t_1}$$


Fig. 3.

6. Chemische Methoden. Dem Kesselwasser wird Kochsalz oder Glaubersalz beigemischt (etwa $1^1/_2$ % des Wasserinhaltes des Kessels), welches im mitgerissenen Wasser gelöst bleibt, in den Dampf jedoch nicht übergeht. Der Feuchtigkeitsgrad lässt sich entweder durch Vergleichung des Salzgehaltes des kondensirten Dampfes mit dem Salzgehalt des Kesselwassers oder durch Ermittelung der Abnahme des Salzgehaltes des Kesselwassers bestimmen. Die Ermittelung des Salzes, bezw. Chlorgehaltes erfolgt durch Titrirung mit einer Lösung von Silbernitrat unter Benützung von Kaliummonochromat als Indikator.

Die verschiedenen Ausführungsarten leiden alle an dem Fehler, dass sie nur das mitgerissene Wasser anzugeben vermögen, nicht aber das durch Kondensation entstandene. Vergleichende Versuche, welche auf zweierlei Art angestellt waren, ergaben keine Uebereinstimmung. Bei einem derartigen Versuch fand Professor Dr. Bunte mit der einen chemischen Methode durchschnittlich 3,25 % Wassergehalt, während die andere 1,7 % anzeigte. Die chemischen Verfahren sind im allgemeinen für unzweckmässig zu erachten; nur wenn besonders viel Wasser vom Dampf mitgerissen wird, so dass das Kondenswasser dagegen nicht in Betracht kommt, ist ein Verfahren anwendbar, welches darin besteht, durch Entnahme einzelner Kesselwasserproben die Verringerung des Sättigungsgrades der anfangs in den Kessel gebrachten Salzlösung festzustellen, während mit reinem Wasser gespeist wird. — Nach Unwin zeigen die Erfahrungen mit den bis jetzt üblichen Methoden zur Bestimmung der Dampffeuchtigkeit, dass

die freie Ausströmung des Dampfes das bequemste Mittel abgibt, so lange der Dampf nicht über 2 % Feuchtigkeit aufweist. Bei grösserem Feuchtigkeitsgehalt ist eine Wasserausscheidung durch einen besonderen Abscheider zu ermöglichen. Es ist auch zweckmässig, den Dampf aus einer vertikalen statt horizontalen Dampfleitung zu entnehmen, da bei letzterer das Dampfwasser zum Teil an der unteren Fläche des Rohres entlang fliesst.

Litteratur: [1] Revue industrielle 1878, S. 102. — [2] Zeitschr. d. Franklin-Instit. 1877, S. 358. — [3] Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1885, S. 344. — [4] Ebenda 1895, S. 1059. *Gutermuth.*

Dampfofen, s. Dampfwasseröfen.

Dampfomnibus, s. Strasseneisenbahnen.

Dampfpfeifen dienen bei Dampfern und Lokomotiven als Warnungs- und Erkennungszeichen. Bei letzteren ausserdem zur Verständigung des Lokomotivführers mit dem Zugpersonal und umgekehrt. Vom Zugpersonal und den Reisenden kann die Dampfpfeife mittelst einer dem Zuge entlang geführten Leine in Thätigkeit gesetzt werden. Die Dampfpfeifen bestehen aus einem Untersatz, einem Hahn oder Ventil und der Glocke. Der Untersatz enthält eine durch den Hahn abschliessbare Bohrung, welche am oberen Teile desselben in eine ringförmige, offene Spalte ausläuft. Ueber dem Untersatze ist eine dünnwandige Glocke angebracht, deren unterer, zugeschärfter Rand genau über der erwähnten Spalte sitzt. Der aus letzterer mit grosser Geschwindigkeit strömende Dampf wird am scharfen Rande der Glocke gebrochen und setzt derselbe diese, sowie die in der Glocke befindliche Luft in starke Schwingungen, welche den Ton der Pfeife verursachen. Durch Näherung der Glocke an den Spalt wird der Ton mehr gellend, durch Entfernung mehr heulend.

Litteratur: Handb. für spez. Eisenbahntechnik, Bd. 3, S. 313, und Busley, Die Schiffsmaschine, Kiel 1886, S. 128. *Gutermuth.*

Dampfpfeifensignale, s. Zugsignale.

Dampfpflug, im engeren Sinne der bei der Bodenbearbeitung mittelst Dampfkraft verwendete mehrscharige Pflug; im weiteren Sinne der bei der Dampfbodenkultur nötige Apparat, also Motor, Arbeitsgerät (Pflug, Egge) etc. Die Dampfkraft wird bei den einzelnen Systemen in verschiedener Weise auf das Arbeitsgerät übertragen; auch ist der Bau und die Zahl der beim Pflügen verwendeten Motoren verschieden.

I. Direkte Dampfpflugsysteme.

Ein Dampfpferd wird vor das in grösseren Dimensionen ausgeführte Arbeitsgerät gespannt und zieht dasselbe hinter sich her.

Schon James Watt liess sich einen solchen Dampfpflug patentiren (1780); ebenso beschäftigten sich einige andere Engländer mit diesem Problem [1]. Man fand jedoch bald heraus, dass ein solches Dampfpferd den grössern Teil der abzugebenden Kraft auf die Fortbewegung des eigenen schweren Körpers verwenden musste, dass seine Räder den Boden voraus festpressten, dass die Flächenleistung, die mögliche Tiefe der Bearbeitung gering war und die Kosten derselben sich hoch berechneten. Die Verwendung von Schienenschuhen, um das Einsinken zu vermeiden, bewährte sich nicht und so ist dieses System in Europa fast vollständig verschwunden; in Amerika findet es sich noch vor, und der um die Verbesserung des Dampfpfluges hochverdiente John Fowler in Leeds baut u. a. noch heute nach diesem System für besondere Verhältnisse. Für einen solchen Fowler'schen „Gangpflug" mit nom. 6 pferdiger Compound-Strassenlokomotive und sechsscharigem Arbeitsgerät wird die Leistung mit 4 ha pro Tag auf 25 cm Tiefe und der Kohlenbedarf mit 700 kg angegeben. Der Preis ist 14000 ℳ, bei John Fowler, Magdeburg.

II. Indirekte Dampfpflugsysteme.

a. Einmaschinensystem. Bei diesen bleibt der Motor während der Arbeit still stehen, der Pflug selbst aber wird mittelst eines Drahtseils, welches vom Motor aufgerollt wird, gezogen. Als Motor kann Lokomobile oder Strassenlokomotive in Betracht kommen.

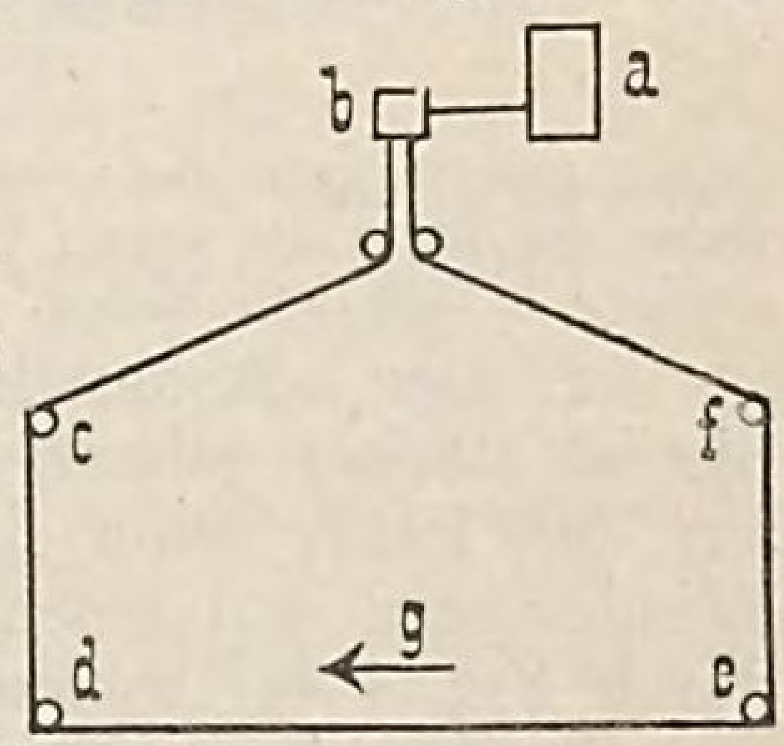


Fig. 1.

1. Naheliegend ist die Verwendung der Lokomobile, da sie ohnehin im grössern landwirtschaftlichen Betrieb im Gebrauch und für Zwecke der Bodenbearbeitung längere Zeit verfügbar ist. Die Aufstellung und Arbeitsweise kann dabei einmal nach dem Rundumsystem von Howard (Fig. 1) erfolgen.

Die Lokomobile *a* findet ihre Aufstellung, wie angedeutet, oder auf dem zu pflügenden Stück, an einer Langseite oder in einer Ecke; von ihr aus wird die Bewegung auf die eine oder andere Rolle der Windtrommel *b* übertragen. Von dieser aus ist ein Drahtseil über die verankerten Rollen *c* und *d* nach dem Pflug und von diesem aus über *e* und *f* nach der andern Rolle geführt. Findet der Antrieb in der Weise statt, dass das Seil sich auf der Trommel *b* aufwickelt, so wird der Pflug in der Richtung des Pfeils gezogen und umgekehrt; es ist dann nötig, mit dem Fortschreiten der Arbeit die Anker *d* und *e* zu versetzen und schliesslich die ganze Aufstellung neu zu wählen, wenn der Pflug in der Linie *cf* angelangt ist. Bei dem grossen Kraftverlust, welchen die 6 Rollen und die Biegung des Seils um dieselben verursachen, wird die Leistung des Motors erheblich geschmälert, was um so mehr ins Gewicht fällt, als die meisten landwirtschaftlichen Lokomobilen höchstens 8pferdige sind; auch ist das Umstellen umständlich. Noch mehr kommen diese Schattenseiten in Betracht bei dem System Fisken-Taatz, von dessen Beschreibung hier abgesehen werden dürfte.

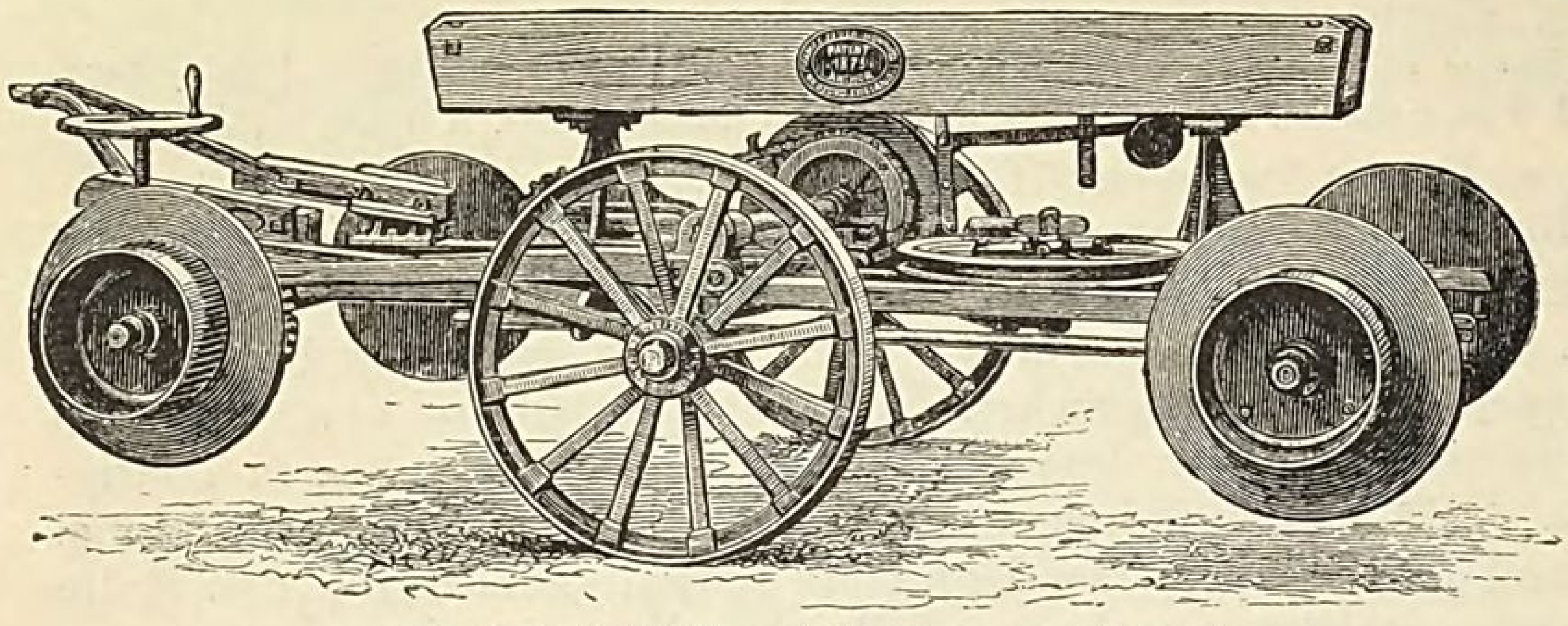


Fig. 2. Selbstthätiger Ankerwagen von Howard.

Wesentlich verbessert ist das Howard'sche System dadurch, dass die beiden Rollen *e* und *d* ersetzt sind durch selbstthätige Ankerwagen (Fig. 2). Dieselben sind mit einer gekröpften Axe versehen, auf welcher zwei Fahrräder sitzen; an den Ecken des Rahmens befinden sich diskusförmige Scheiben und auf denselben die Seilrolle und der Steinkasten zur Beschwerung des Ganzen.

Bei der Arbeit werden die Räder durch Drehen der gekröpften Axe hoch gestellt, die Scheiben schneiden sich in den Boden ein, das Drahtseil läuft um die sichtbare Seilrolle. Bewegt sich nun der Pflug z. B. bis dicht an den Ankerwagen, so löst er sich durch eine einfache Vorrichtung von selbst aus, die Fahrräder stellen sich zum Transport ein, der Ankerwagen bewegt sich durch den Zug des gespannten Seils um die doppelte Arbeitsbreite des Pfluges, um sich dann von selbst wieder festzustellen. Dasselbe findet abwechslungsweise auf beiden

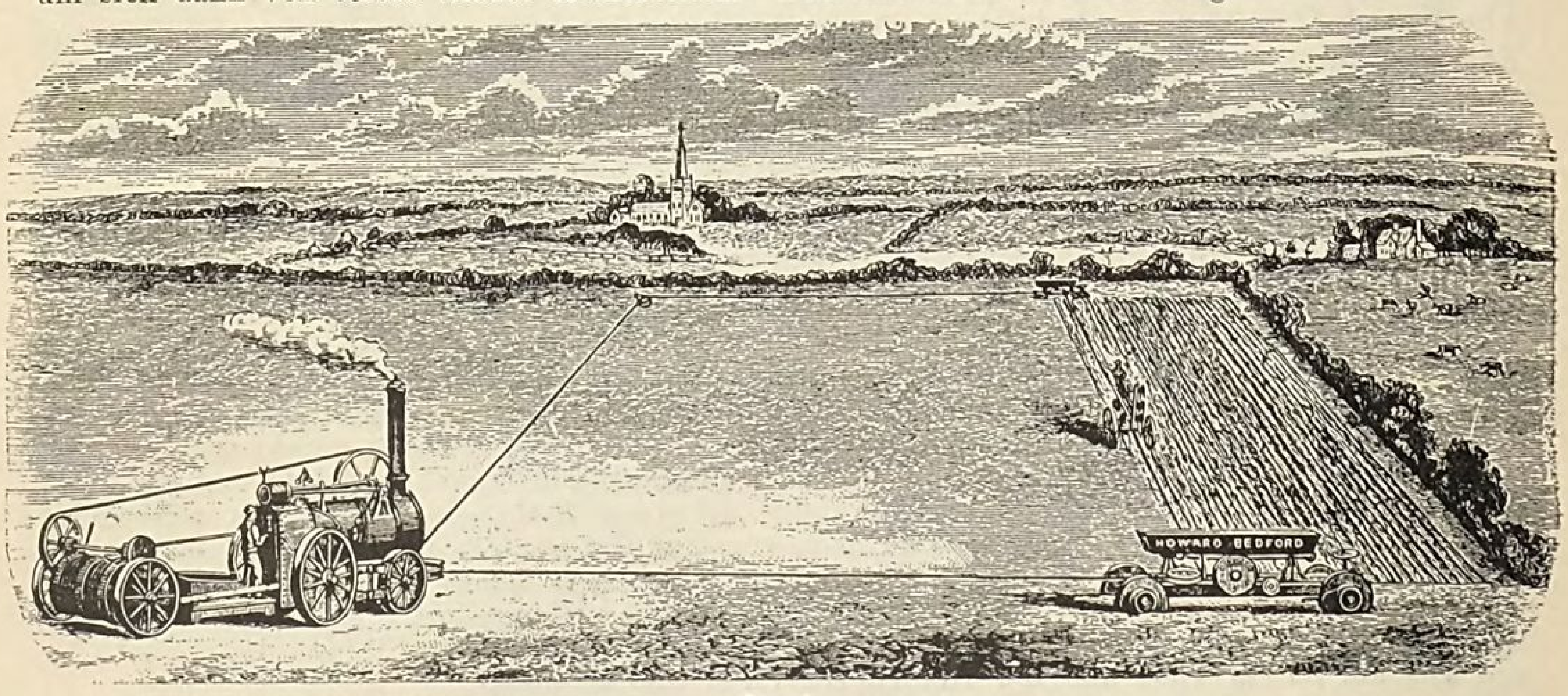


Fig. 3.

Seiten statt; durch das vorn angebrachte Steuer wird der Gang geradeaus regulirt. Die Arbeitsweise ist dann die durch Fig. 3 erläuterte, nur steht hier der Seilwindewagen nicht neben, sondern hinter dem Motor.

2. Der Lokomobile vorzuziehen ist als Motor die Strassenlokomotive. Sie ist stärker gebaut, leistungsfähiger, bringt sich und die Geräte selbstthätig auf das Feld, kann die Windetrommel selbst aufnehmen, erspart also einen Windewagen und einen Ankerwagen. Die Arbeitsweise ist in diesem Fall die durch Fig. 4 veranschaulichte.

b. Zweimaschinensystem. Bei demselben besteht der ganze Apparat aus zwei entsprechend stark gebauten fahrbaren Lokomobilen (Dolberg) oder automobilen Strassenlokomotiven (Fowler), welche mit einer Seilwindetrommel

armirt sind; ferner aus dem Arbeitsgerät und dem Drahtseil. Sonstige Teile, wie Ankerwagen, Eckrollen etc. fallen weg. Die beiden Motoren nehmen an den Längsseiten des zu pflügenden Feldes einander gegenüber Aufstellung; sie ziehen durch abwechslungsweises Aufrollen des Drahtseils den Pflug gegen sich

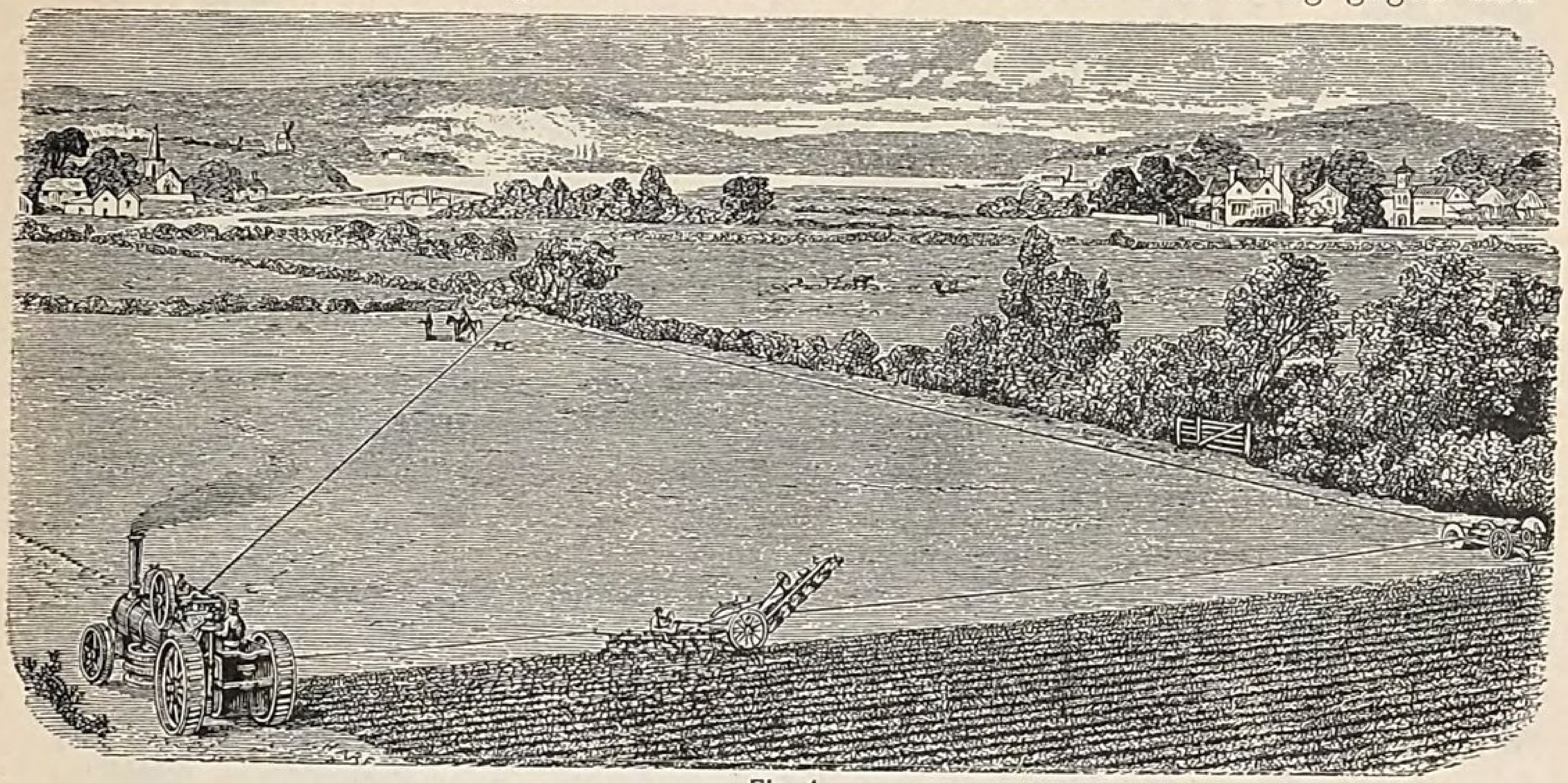


Fig. 4.

heran und bewegen sich bei jedem Umwenden des Pfluges um die doppelte Arbeitsbreite desselben selbstthätig vorwärts. Der Seilzug geht direkt auf das Arbeitsgerät; die Reibungsverluste über Eck- und Ankerwagenrollen fallen weg.

1. Zweimaschinensysteme mit Lokomobilen. Im Frühjahr 1893 trat R. Dolberg, Rostock, mit einem solchen Systeme an die Oeffentlichkeit, bei welchem 8—10pferdige gewöhnliche Lokomobilen verwendet werden. Jede derselben wird auf einen Fahrrahmen geschoben, welcher auf zwei kleinen Wagen liegt (Fig. 5), die sich, durch die Lokomobile angetrieben, auf einem verlegbaren Gleise fortbewegen können. Jeder Fahrrahmen trägt hinten eine Seiltrommel, welche durch einen Balatariemen getrieben wird; von ihr aus geht das Seil über eine Führungsrolle nach dem Pflug. Zur Bedienung des Apparates sind sechs Personen nötig; die Arbeitsweise ist die gleiche wie beim Fowler'schen Apparat (s. unter 2).

Als Vorzüge des Dolberg'schen Apparates werden angegeben die Möglichkeit, die ohnehin vorhandenen Lokomobilen für die Pflugarbeiten ausnützen zu können, geringere Anschaffungskosten gegen Fowler (s. unter 2) und billigere Arbeit. Die Kosten des Apparates sind folgende:

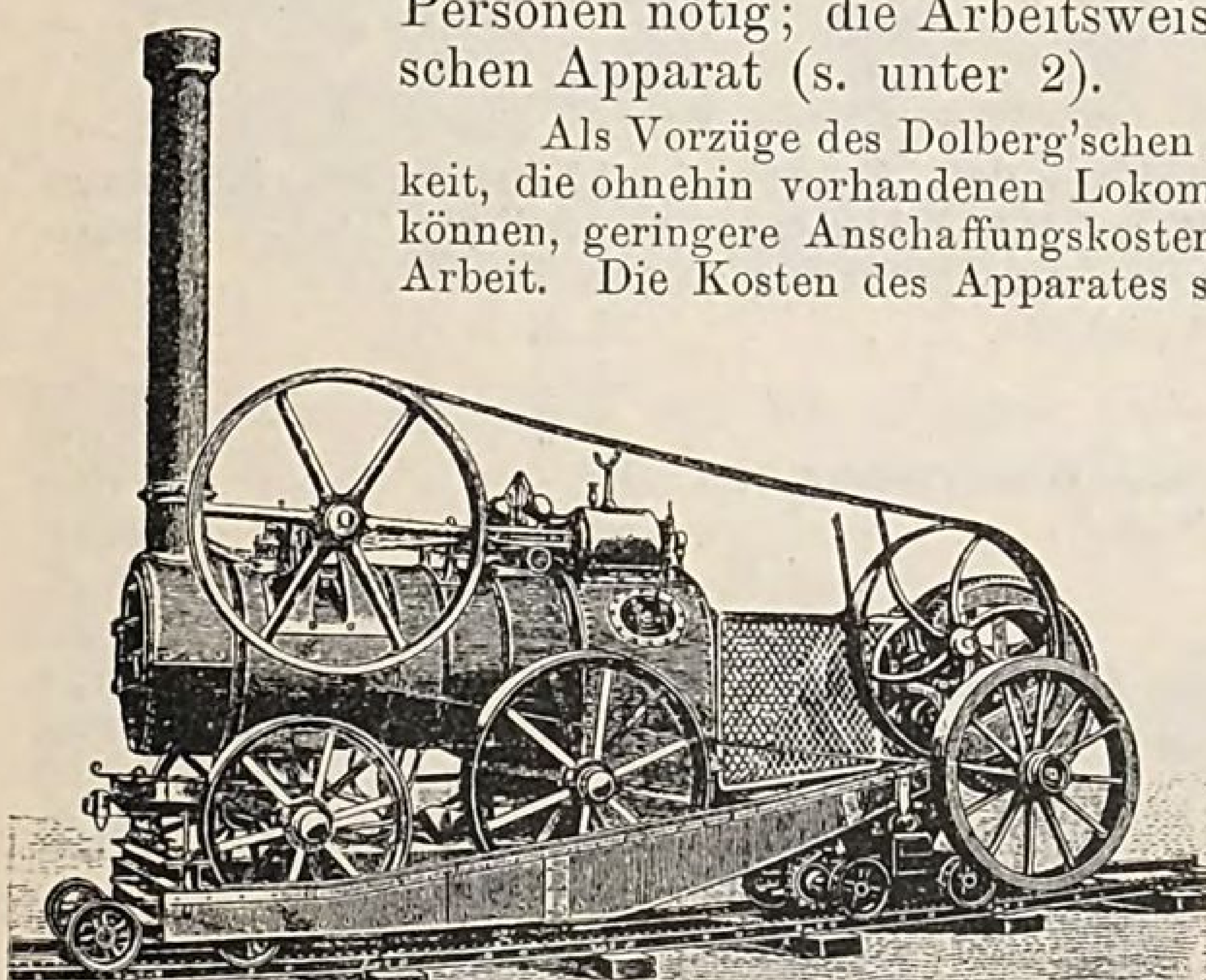


Fig. 5.

	ℳ
2 Lokomobilen nom. 10 pferdig .	10 000
2 Fahrrahmen inkl. Seiltrommel	9 200
1 Stahldrahtseil 411 m lang . .	800
26 Bahnjoche	832
1 fünfschariger Flachpflug . .	3 250
1 zweischariger Tiefpflug . . .	2 300
1 Grubber mit 7 Zinken . . .	2 450
1 Wasserwagen	750
Pumpe, Feldschmiede, Winde etc.	618
Summa ℳ	30 200

oder mit Transport ca. 30 500 ℳ. Dabei sind jedoch die Lokomobilen auch für andere Zwecke verwendbar. Ob der Apparat sich nach allen Richtungen hin erprobt, müssen erst weitere Erfahrungen lehren.

2. Zweimaschinensystem mit Strassenlokomotiven. Hier kommt ausschliesslich das System von John Fowler in Leeds in Betracht, welcher fast gleichzeitig mit James Howard in Bedford zum direkten Seilzug überging, ein System, welches durch Einfachheit, Stärke der Ausführung, grosse Leistungsfähigkeit unter den schwierigsten Verhältnissen, durch Güte und relativ billigen

Preis der Arbeit überall befriedigte, wo es sich um wirkliche Tiefkultur handelte. Fowler verwendet zwei 12—14pferdige eincylindrige oder Compound-Strassenlokomotiven, ein Stahldrahtseil und das Arbeitsgerät. Die ersteren bewegen sich selbstthätig auf das Feld und nehmen das Arbeitsgeräte samt Kohlen- und

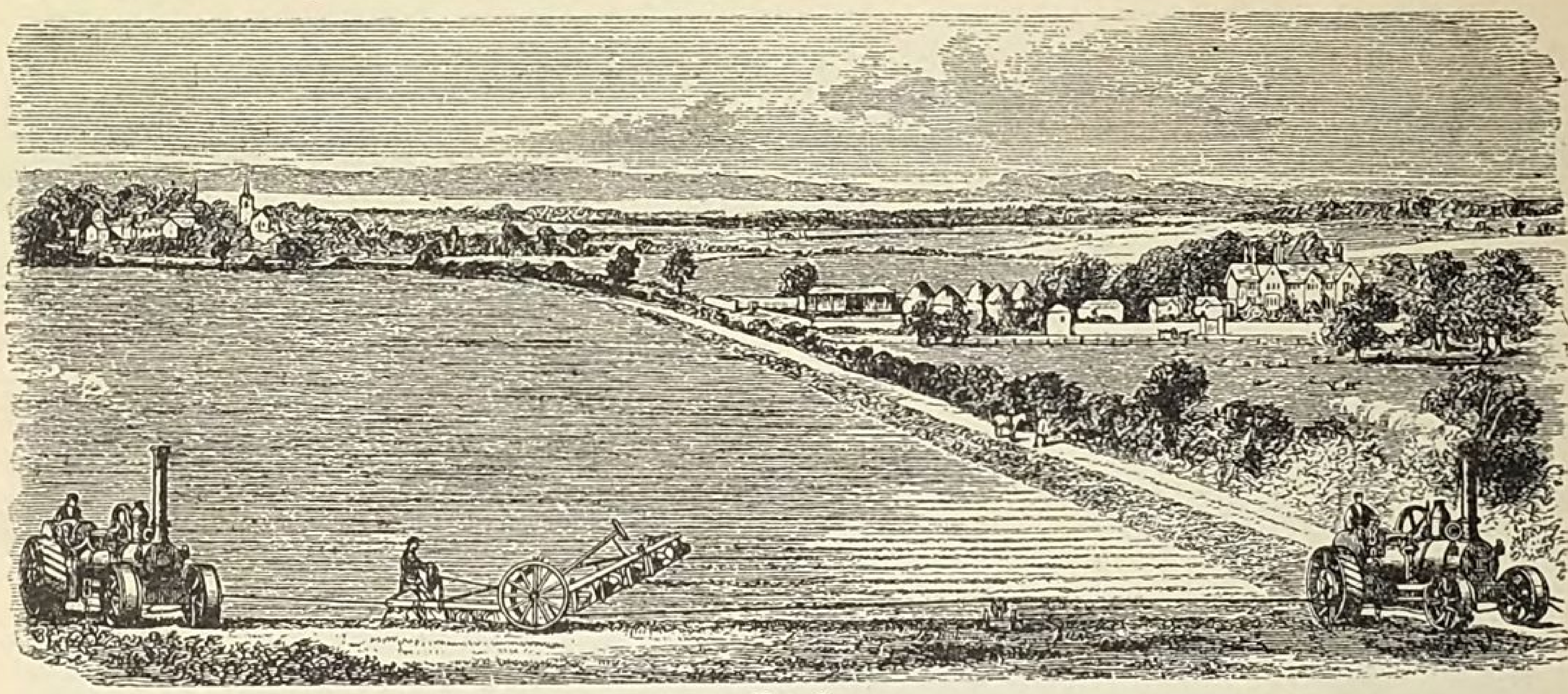


Fig. 6.

Wasserwagen mit; es fällt also aller Transport durch Spannvieh weg. Die Kraft wird direkt durch das Drahtseil auf das Arbeitsgerät übertragen, die Arbeitsweise ist aus Fig. 6 ersichtlich.

Da die Maschinen bei einer Entfernung von ca. 400 m abwechslungsweise arbeiten, so ist es viel leichter als beim Einmaschinensystem ständig die Dampfspannung auf gleicher Höhe zu halten und so den weitestgehenden Ansprüchen auf Tiefgang und Leistungsfähigkeit überhaupt zu entsprechen. Trotz der hohen Anschaffungskosten sind die Kosten tiefer Bodenkultur nicht höher, sondern niederer als bei allen anderen Systemen. Dieselben berechnen sich z. B.:

2 nom. 12pferdige Compound-Strassenlokomotiven . . .	35 100 *M.*
822 m Stahldrahtseil	2 126 „
1 Siebenfurchenpflug (Antibalance)	3 200 „
1 vierschariger Tiefpflug	3 510 „
1 Kultivator mit 7 Scharen	2 545 „
1 Grubber-Egge	2 525 „
4 Seilträger	200 „
1 Wasserwagen mit Pumpe	1 050 „
1 Schlafwagen für die Arbeiter	2 000 „
Verpackung, Transport etc.	744 „
Summa	53 000 *M.*

Hiervon sind zu rechnen Zins 5 %, Unterhaltung 2 %, Amortisation höchstens 7 %, im ganzen 14 % = 7420 *M.* Verteilen sich diese z. B. auf 100 Arbeitstage, so sind pro Tag zu rechnen für obige Posten 74 *M.* 20 *₰.* Hierzu kommen die Betriebskosten pro Tag:

2 Heizer à 5 *M.* (inkl. Prämie)	10 *M.* — *₰.*
1 Pflüger à 4 *M.*	4 „ — „
1 Junge	2 „ — „
2 Gespanne für Kohlen- und Wasserzufuhr . .	16 „ — „
13 Mtr.-Ztr. Kohlen à 2,3 *M.*	29 „ 90 „
Holz, Oel, Hanf etc.	2 „ 50 „
Summa	64 *M.* 40 *₰.*

Es würden sich demnach die Kosten eines Arbeitstages berechnen mit 138 *M.* 60 *₰.* Nimmt man nun nachstehende Leistungen und Flächen an, so berechnen sich die Kosten der Bearbeitung pro ha:

Art der Arbeit	Leistung pro Tag	Arbeitsfläche	Arbeitszeit	Kohlen pro ha
Tiefpflügen . . .	5 ha	200 ha	40 Tage	27 *M.* 72 *₰.*
Flachpflügen . . .	6,5 „	260 „	40 „	21 „ 32 „
Grubbern	10 „	100 „	10 „	13 „ 86 „
Eggen	15 „	150 „	10 „	9 „ 24 „

Zuverlässige Anhaltspunkte über die Kosten der Dampfkultur liegen genugsam vor, da Fowler'sche Apparate in Deutschland und Oesterreich-Ungarn seit bald 25 Jahren arbeiten und jetzt sich dort ca. 250 Exemplare finden. Sehr wertvolle, ins einzelne gehende Anhaltspunkte gibt [2]. Hiernach betrugen z. B. die Kosten der Dampfkultur auf den Gütern der Zuckerfabrik Dioszeg im Mittel von 9 Jahren:

Für Tiefpflügen pro ha . .	20 *M.* 31 *₰.*	Für Grubbern	15 *M.* 10 *₰.*
„ Seichtpflügen	17 „ 63 „	„ Eggen	8 „ 30 „

Amtsrat Rimpau, Schlaustedt, erhielt im Mittel von 20 Jahren den Boden durch den Dampfpflug von Fowler auf 35—40 cm um 39 ℳ 36 ₰ pro ha gepflügt, bei einer Tagesleistung von 7,5 ha; die Kosten waren um 11 ℳ 04 ₰ kleiner als beim vierspännigen

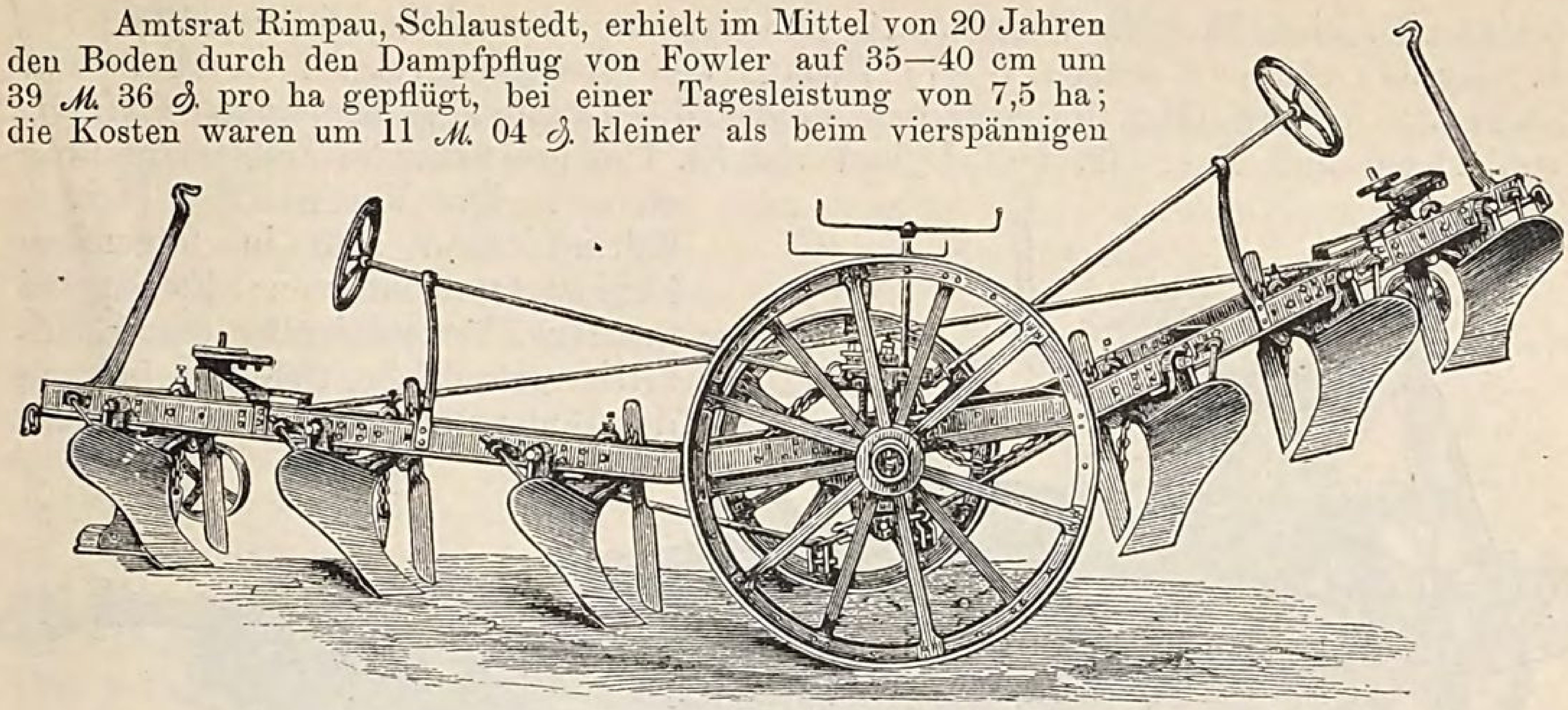


Fig. 7.

Pflügen auf dieselbe Tiefe mit Ochsen [3]. Diese Resultate beziehen sich auf einen Fowler'schen Apparat älterer Konstruktion mit einfachem Cylinder; der neuere mit Compound-Maschinen liefert bei 1/4 grösserer Leistungsfähigkeit dieselbe Arbeit pro ha um 28 ℳ 56 ₰.

Im grossen Ganzen darf man rechnen, dass Dampfpflüge eine achtzehnjährige Dauer haben; das Drahtseil jedoch hält nur 2—3 Jahre aus.

III. Arbeitsgeräte.

Als Arbeitsgeräte werden verwendet: a. Pflüge, 1—7körperig, je nach verlangtem Tiefgang. Fig. 7 zeigt einen Pflug für Tiefkultur, Fig. 8 den Fowler'schen Patent-Kipppflug mit ver-

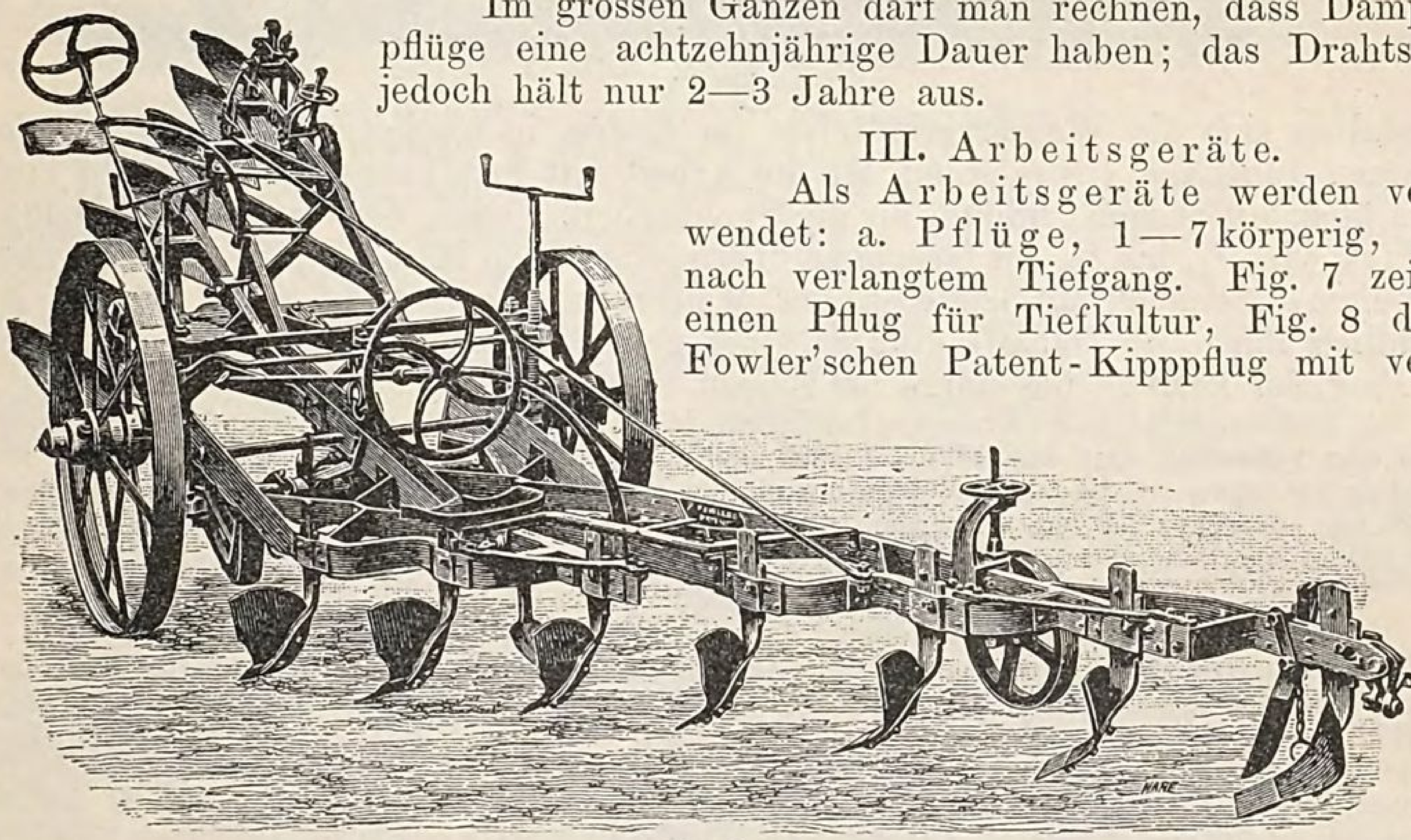


Fig. 8.

schiebbarem Mittelteil für Flachkultur. Da bei geringem Tiefgang die beim Pflügen in der Schwebe hängende Pflughälfte die Neigung hat, die arbeitenden Schare aus dem Boden zu heben, hat Fowler (Fig. 9) das Mittelteil beweglich gemacht. Es wird durch die Zugkraft

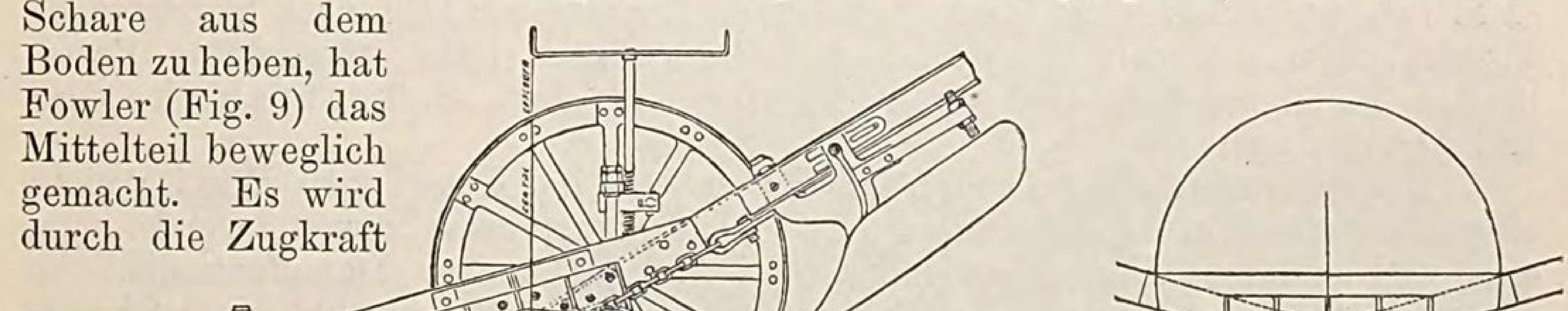


Fig. 9.

nach vorwärts gezogen, der Schwerpunkt wird verlegt, die arbeitende Hälfte wird schwerer, wodurch der Pflug sicherer im Boden bleibt (Antibalance-Pflug). Andere Pflugformen s. Katalog von Fowler. Auch an dem Heucke'schen Pfluge

findet sich eine ähnliche Vorrichtung. Mindestens so wichtig wie der Pflug ist: b. der Grubber, dessen 5—13 Schare den Boden durchwühlen und sehr energisch lockern (Fig. 10); endlich liefert die Dampfegge bei einem Tiefgang von 24 cm und einer Geschwindigkeit von ca. 1 m pro Sekunde eine vorzügliche Arbeit. Die Vorteile der Dampfkultur lassen sich in folgendem kurz zusammenfassen: Es ist bei grosser Flächenleistung eine rechtzeitige gründliche, tiefe Bearbeitung des Bodens möglich; durch letztere

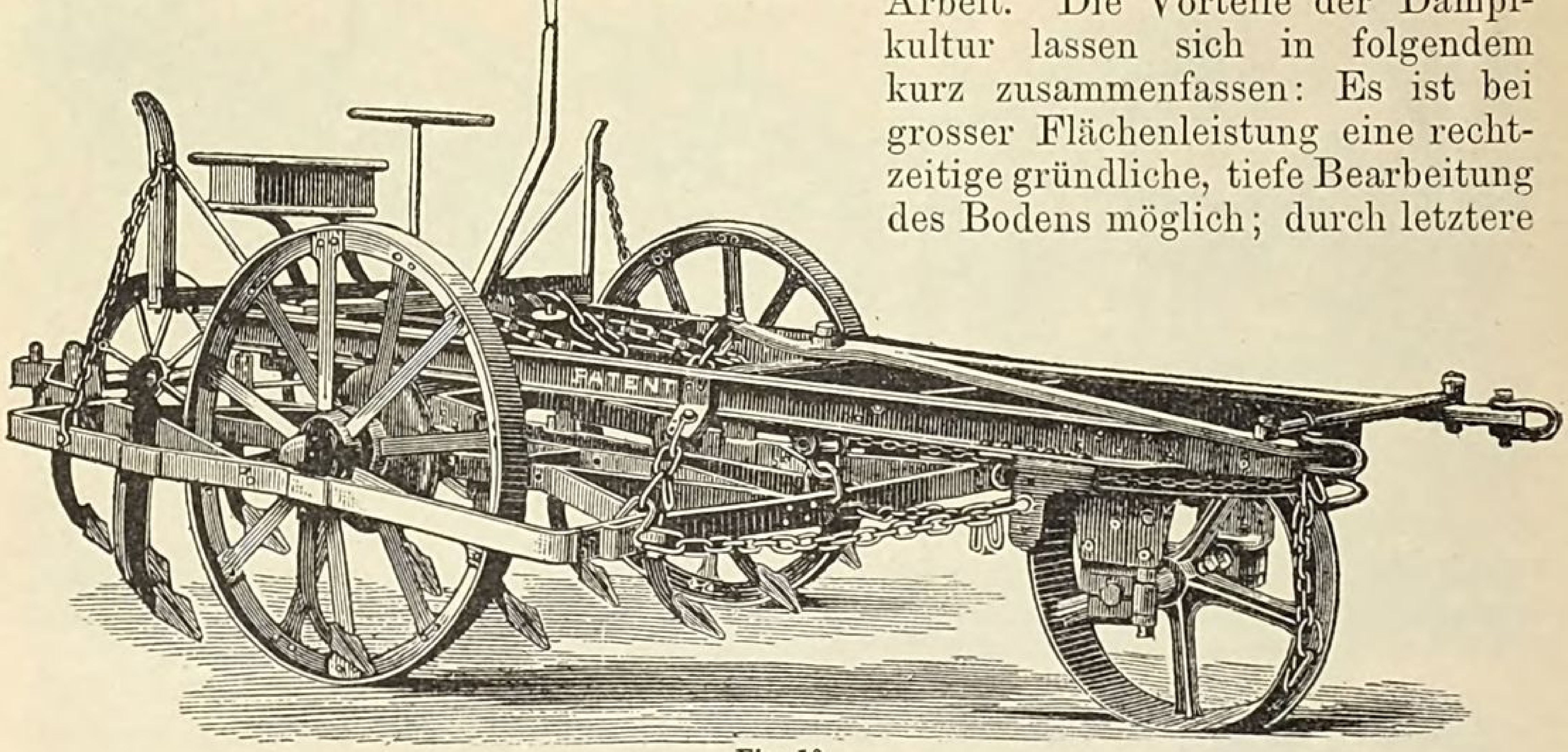


Fig. 10.

gestalten sich die Wasserverhältnisse im Boden in trockenen und nassen Jahrgängen günstiger. Ausserdem ist die Arbeit mit dem Dampfpflug auf die Tiefe von über 30 cm meist billiger als die Spannarbeit. Durch Verwendung des Dampfpflugs wird $^1/_4$ bis $^1/_3$ der Gespanne überflüssig; auch lässt sich mit ersterem noch arbeiten, wenn es mit letzteren der Witterung wegen nicht mehr möglich ist. Endlich führt die Dampfkultur zu einer grösseren Sicherheit und zu einer Steigerung der Erträge besonders bei Anbau tiefwurzelnder Pflanzen (Zuckerrüben).

Auf den Gütern des Erzherzogs Albrecht in Oesterreich, wo zehn Dampfpflüge arbeiten, hat man gefunden, dass seit 1872 bis 1894 die Erträge lediglich infolge der Dampfkultur sich gesteigert haben pro ha: bei Weizen um 332 kg, bei Gerste um 500 kg, bei Zuckerrüben um 4600 kg; Cserháti [2] hat ausserdem festgestellt, dass auf 29 Gütern mit Dampfkultur in 23 Fällen eine Steigerung der Erträge von 10—30 % die Folge der Dampfkultur war.

Weitere konstruktive Angaben finden sich in [4] bis [9].

Litteratur: [1] Fritz, Handbuch der landwirtschaftlichen Maschinen, Berlin 1880. — [2] Cserháti, Die Ergebnisse der Tiefkultur in Ungarn, Wien 1892. — [3] Jahrbuch der deutschen Landwirtschaftsgesellschaft, 1892. S. 13. — [4] Wüst, Landw. Maschinenkunde, 2. Aufl., Berlin 1889. — [5] Braungart, Die Ackerbaugeräte etc., Heidelberg 1881. — [6] Boysen & Wüst, Bericht über die Dampfpflug-Konkurrenz in Banteln, Berlin 1882. — [7] Fischer, Hugo, Die Konstruktion des Dampfpfluges, Sonderabdrücke aus dem Civil-Ingenieur, Bd. 28 und 29, Leipzig 1882/83. — [9] Pyro, J. Labourage à vapeur, Bruxelles 1880. — [9] Perels, Die Anwendung der Dampfkraft in der Landwirtschaft, Halle 1872. *Strebel*

Dampfpinasse, s. Dampfbeiboote.

Dampfpresse, jene namentlich bei der Tuchfabrikation zur Erzeugung eines höheren Glanzes auf dem Gewebe in Anwendung gebrachte hydraulische Presse, deren zwischen Presstisch und Pressbalken stetig angeordnete Pressplatten hohl hergestellt und durch Dampf geheizt sind. S. Tuchfabrikation und Warenpresse.

Dampfraum. Der Dampfraum ist als der im Kessel vom Wasser nicht eingenommene Teil zu betrachten. Er soll möglichst gross gewählt werden, um eine gleichmässige Dampfentwicklung bei unregelmässiger Dampfentnahme zu gestatten und ein Schäumen des Wassers zu verhüten. Bei regelmässiger Dampfentnahme ist die Grösse des Dampfraumes von untergeordneter Bedeutung und gewährt derselbe alsdann nur dem Dampf Zeit zur Ausscheidung des etwa mitgerissenen Wassers. Bei sehr grosser Veränderung in der Dampfentnahme dagegen ist es wichtig, grosse Dampfräume zu schaffen, um ein starkes Aufschäumen des Wassers und das damit verbundene Mitreissen von Wasser zu verhüten, wie beispielsweise für Kessel zum Betrieb von langsam gehenden, oberirdischen Wasserhaltungsmaschinen oder Walzwerks- und Fördermaschinen. *Gutermuth.*

Dampfröste (Dampfrotte), Trockenvorrichtung, bei welcher die Trockenflächen durch Dampf geheizt werden.

Dampfsammler, s. Dampfkessel und Schiffskessel.

Dampfschiebebühne, s. Verladung.

Dampfschieber werden die Steuerorgane der Schieberdampfmaschinen genannt. Sie steuern die Zu- und Abführung des Dampfes zu und aus dem Dampfcylinder, indem sie auf der Schiebergleitfläche (Schieberspiegel), auf welchem die Dampfcylinderkanäle ausmünden, hin- und herbewegt werden. Bei ebener Gleitfläche erhält der Schieber die Form einer Muschel und heisst daher auch Muschel- oder D-Schieber. Der einfache Flachschieber ist dem einseitig wirkenden Dampfdruck ausgesetzt, so dass bei seiner Bewegung ein der Grösse der Schiebergleitfläche und der Dampfspannung proportionaler Reibungswiderstand zu überwinden ist. Wird die Gleitfläche als Hohlcylinder ausgeführt, so wird der Dampfschieber als Kolbenschieber ausgebildet, welcher den Vorteil hat, vom Dampfdruck vollständig entlastet und daher leicht beweglich zu sein. — Die wichtigste Anforderung an die Ausführung und Arbeitsweise des Schiebers besteht ausser in richtiger Steuerung, in der Dampfverteilung und in möglichst vollkommener Dichtheit. Diese letztere lässt sich bei dem unter einseitigem Dampfdruck stehenden Flachschieber erfahrungsgemäss zuverlässiger erreichen als beim Kolbenschieber und wird daher ersterer vorzugsweise verwendet. S. auch Schiebersteuerungen und Schiffsmaschinen. *Gutermuth.*

Dampfschiff, s. unter Dampfertypen.

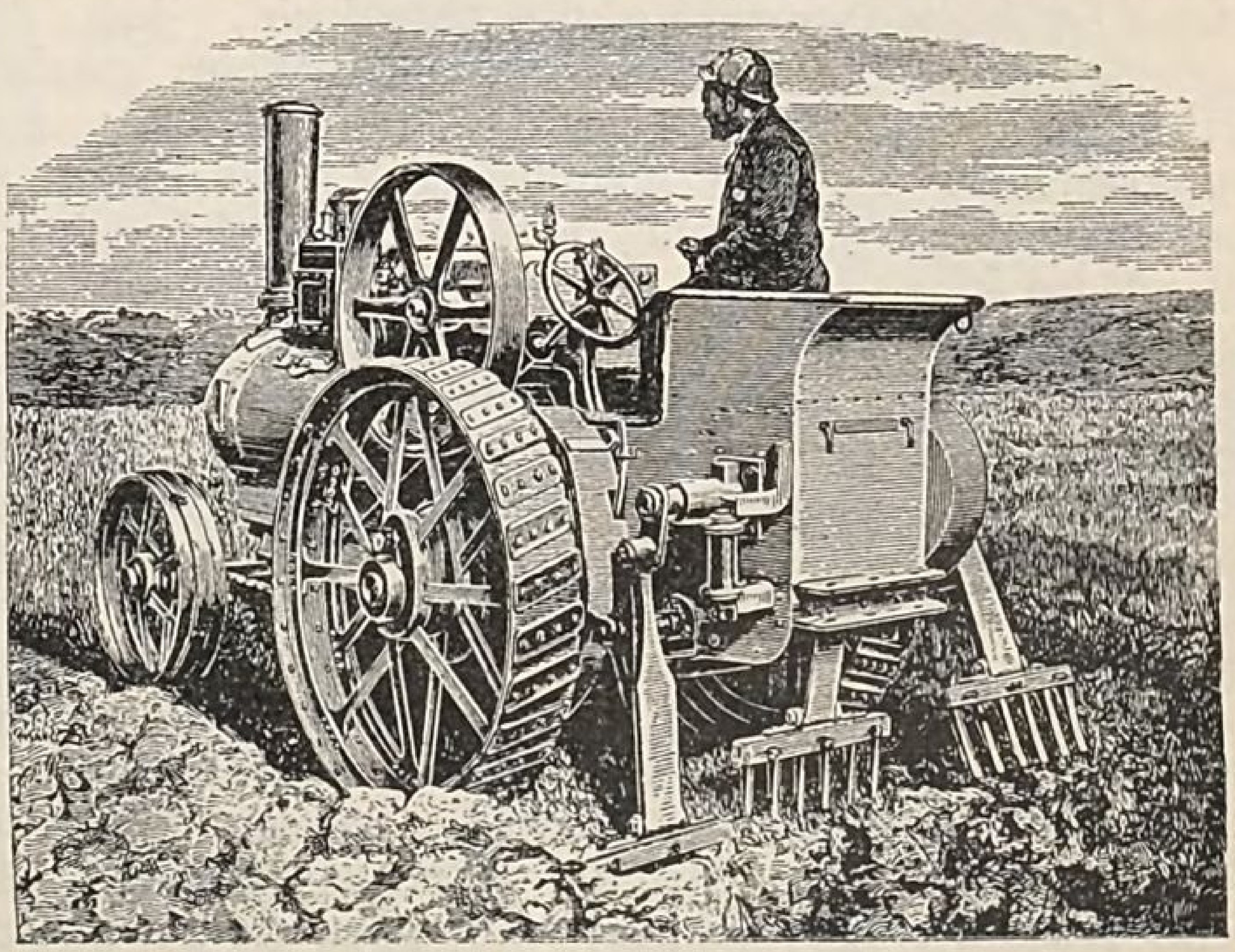
Dampfschneeschaufler, s. unter Schneepflüge.

Dampfschöpfwerke, s. Schöpfwerke.

Dampfschwarz, alle jene schwarzen Druckfarben, die sich erst beim Dämpfen zu einem vollen Schwarz entwickeln und sich gleichzeitig auf der Faser fixiren. In der Druckfarbe sind bereits jene Bestandteile enthalten, welche zur Schwarzbildung erforderlich sind. Vielfache Anwendung finden namentlich die verschieden zusammengesetzten Blauholzdampfschwarz, deren wichtigster Vertreter das bekannte Noir réduit ist. Dasselbe wird hergestellt, indem mit Quercitron nuancirter Blauholzextrakt mit Kaliumbichromat gefällt und dieser Lack mit Oxalsäure, Schwefelsäure, Natriumbisulfit und Essigsäure gelöst wird. Ausser dem Noir réduit findet das Anilindampfschwarz (s. Anilinschwarz), wo es sich um echte Artikel handelt, Anwendung. *J. B. Weckerlin.*

Dampfspannung, s. v. w. Druck des Dampfes; s. Dampf.

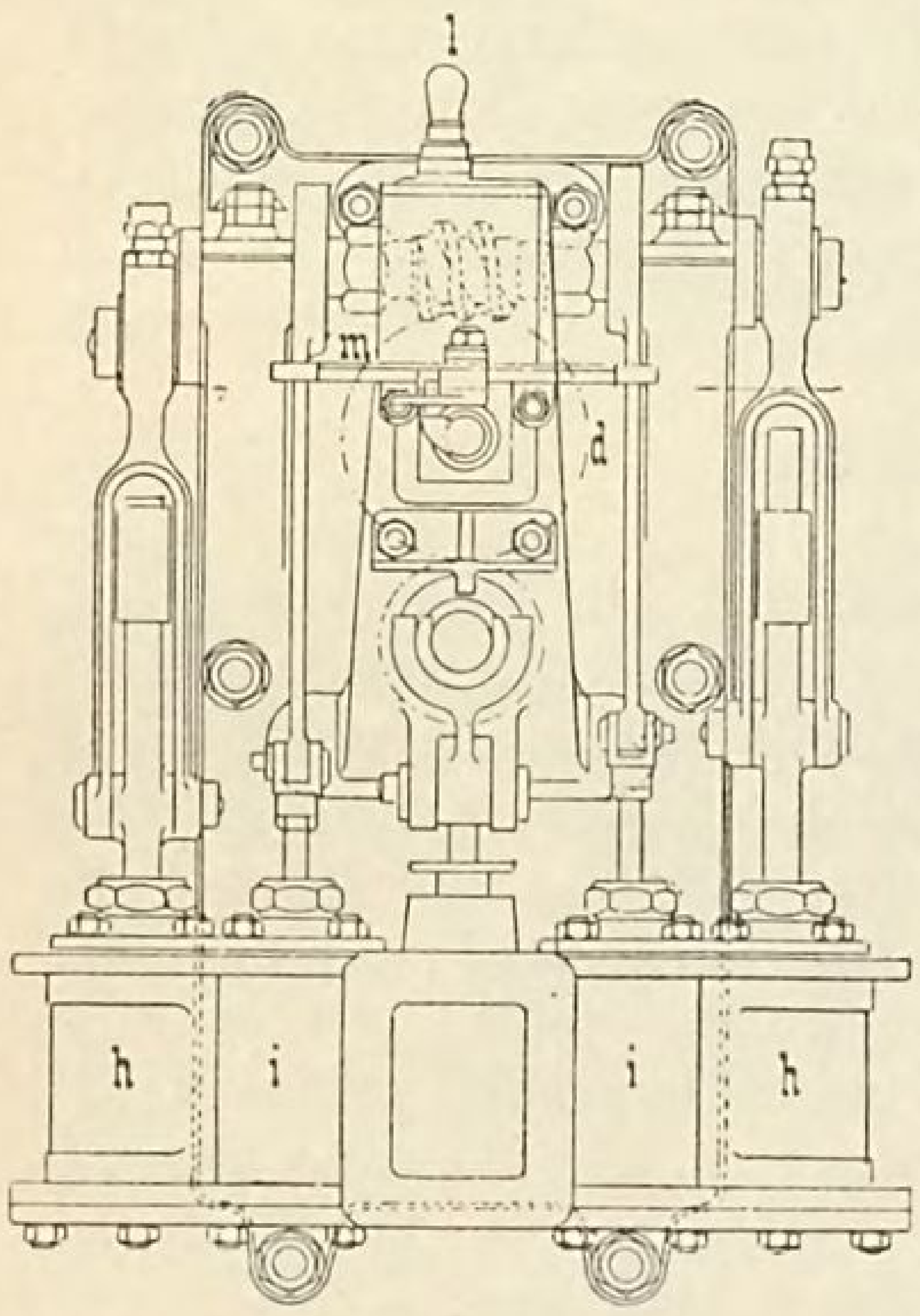
Dampfspater, eine Strassenlokomotive, welche an einer Seite oder hinten ein System von Grabgabeln besitzt, die bei der Fortbewegung der Maschine in Thätigkeit treten und den Boden in ähnlicher Weise bearbeiten sollen, wie es mit dem Spaten von Hand geschieht. Von solchen Apparaten sind zu nennen der 1879 in England vorgeführte „Pedestrian“ von Darby und der 1886 erstmals in Deutschland in Arbeit gezeigte Dampfspatpflug von Frank Proctor.



Bei dem ersteren findet sich an der linken Längsseite der 6—10pferdigen Lokomotive ein System von zwölf Grabgabeln mit je vier Zinken, welche durch Zahnradübersetzung und Exzenter in Thätigkeit gesetzt werden, während sich die Maschine mit untergestellten Rädern mit der Breitseite dem ungepflügten Lande zu fortbewegt. Der hohe Preis von 16—20000 ℳ, sowie verschiedene Mängel liessen die Maschine zu keiner Verbreitung kommen. — Den Bau des Dampfspaters von Proctor zeigt obige Figur.

Proctor geht von der Anschauung aus, dass die Erträge auf von Hand gespatetem Land grösser seien als auf gepflügtem und lässt an Stelle des Spatens seine Maschine treten. Dieselbe leidet, wie Schreiber dieses bei der 1886 stattgehabten Vorführung in Waghäusel wahrgenommen hat, an folgenden Mängeln: Die Maschine verwendet den grössern Teil der Kraft zu ihrer eigenen Fortbewegung, kann also wenig nutzbare Arbeit leisten, sie presst das Erdreich, um dessen Lockerung es sich doch handelt, mit ihren breiten Rädern vorher fest, was zudem ungleiche Arbeit liefert, bei feuchtem oder leicht gefrorenem Boden stollt sich der Boden auf den Radreifen auf, wodurch der Spaten seichter geht und die Geschwindigkeit der Fortbewegung ist so gering, dass die Maximalleistung sich mit nur 2,2 ha in zehn reinen Arbeitsstunden berechnen würde. Endlich ist die Qualität der Arbeit eine mangelhafte, da die Gabeln unvollständig wenden, besonders in berastem Felde ist dieselbe geradezu schlecht. — Dass diese Bedenken begründet sind, beweist der Umstand, dass die Maschine keinerlei Verbreitung gefunden hat; sie kann als ernstlicher Konkurrent des Dampfpfluges (Zweimaschinensystem) nicht aufgefasst werden. Der Preis ist 10 000 *M.* *Strebel.*

Dampfsteuerapparat. Auf grösseren Dampfschiffen der Handelsmarine, sowie bei fast allen Schiffen der Kriegsmarine verwendet man zum Drehen des Ruders (s. d.) besondere Dampfsteuerapparate. Dieselben bieten den Vorteil, dass die Manöverirfähigkeit des Schiffes vergrössert wird — durch das schnellere Legen des Ruders wird sowohl der Drehkreis ein kleinerer als auch die Zeit zum Durchlaufen desselben eine kürzere — und dass für das Bedienen des Ruders nur ein Mann erforderlich ist, gegen 4—12 Mann bei Handbetrieb. Das Konstruktionsprinzip der Dampfsteuerapparate besteht darin, dass die Handhabung desselben mittelst eines Steuerrades in gleicher Weise geschieht wie beim Steuern mit Handrudern und dass beim Unklarwerden des Apparates der Dampfbetrieb ausgeschaltet und der Handbetrieb eingeschaltet werden kann. Ausserdem ist eine Hemmvorrichtung notwendig, welche die Dampfmaschine zum Stillstand bringt, sobald das Ruder hartbord liegt. Die Steuerung der Dampfmaschine ist dementsprechend so eingerichtet, dass sie derselben nur so lange Dampf zuführt, als das Handrad gedreht wird und die Maschine stoppt, sobald das Handrad nicht gedreht wird. Um dem Steuermann Aufschluss über die jeweilige Ruderlage zu geben, ist mit dem Apparat stets ein Axiometer verbunden. Die Aufstellung der Dampfsteuerapparate erfolgt bei grösseren Schiffen im Heck, um die Uebertragung der Kraft auf die Ruderpinne möglichst kurz und zwangsläufig zu erhalten. Bei Kriegsschiffen wird der Apparat geschützt unterhalb der Wasserlinie bezw. unter dem Panzerdeck aufgestellt. Der Apparat kann dann an Ort und Stelle bedient werden oder der Antrieb der Maschine, d. h. die Bewegung des Schiebers erfolgt durch eine Wellenleitung von der Kommandostelle des Schiffes (Kommandobrücke, Kommandoturm) aus. Bei sehr grossen Uebertragungsentfernungen wird es meist erforderlich, um die Kraft zum Drehen des Steuerrades und der damit verbundenen Wellenleitung gering zu erhalten, eine besondere Zwischenmaschine einzuschalten, welche vom Handrad in Betrieb gesetzt wird und welche dann die Wellenleitung zur Bewegung des



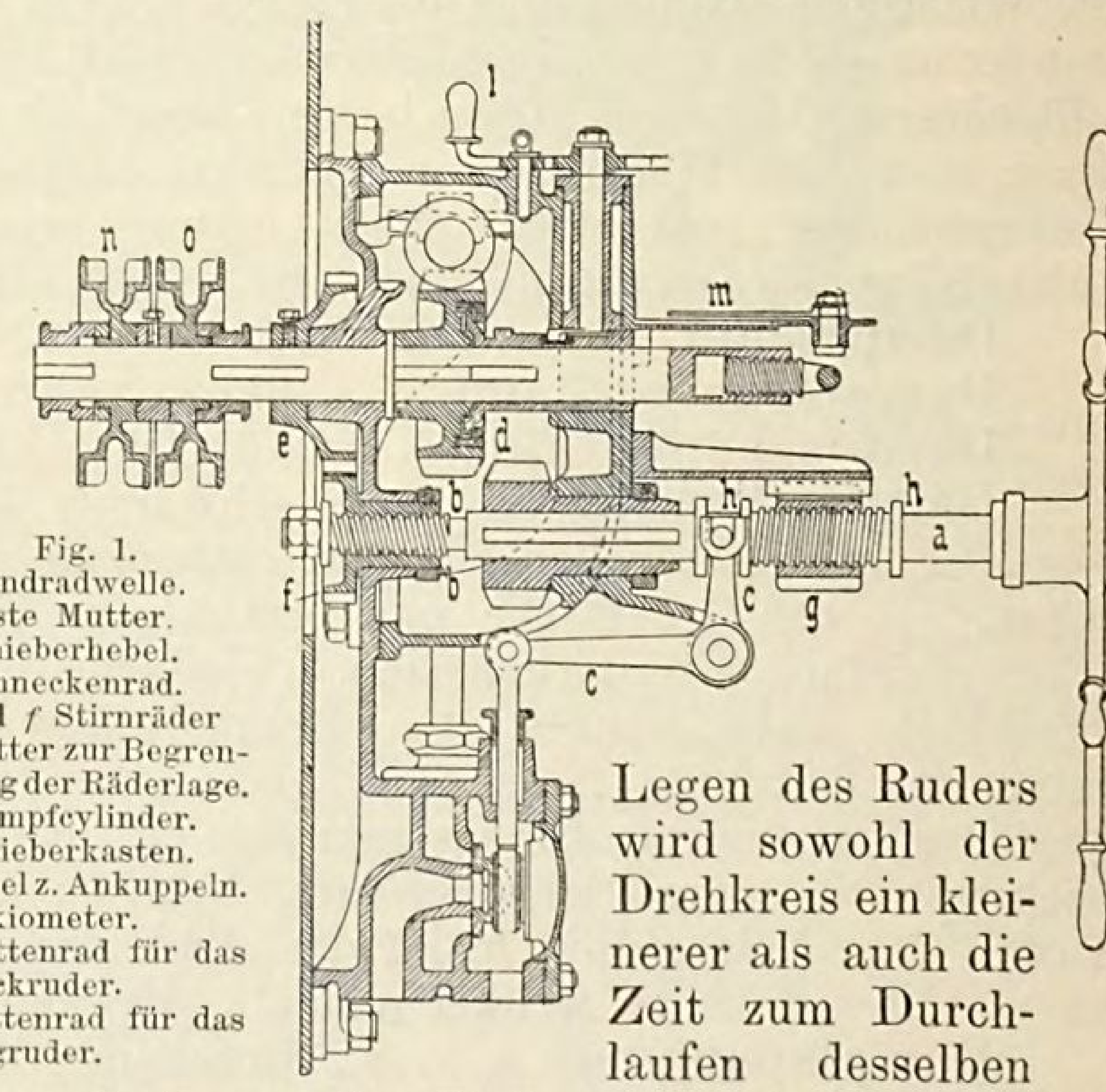


Fig. 1.
a Handradwelle.
b Feste Mutter.
c Schieberhebel.
d Schneckenrad.
e und *f* Stirnräder
g Mutter zur Begrenzung der Räderlage.
h Dampfcylinder.
i Schieberkasten.
l Hebel z. Ankuppeln.
m Axiometer.
n Kettenrad für das Heckruder.
o Kettenrad für das Bugruder.

Schiebers des Dampfsteuerapparates dreht. Bei kleineren Handelsdampfern und Torpedofahrzeugen wird der Dampfsteuerapparat an der Kommandostelle aufgestellt und die Bewegung zur Ruderpinne durch Ketten und Stangen übermittelt.

Ein durch geringen Raumbedarf und leichte Umstellung von Dampf- in Handbetrieb sich auszeichnender Dampfsteuerapparat ist der F. Schichau patentirte (Fig. 1, S. 202). Derselbe findet vorzugsweise auf Torpedofahrzeugen Verwendung, eignet sich jedoch auch für alle Schiffe. Das Prinzip besteht darin, dass die Handradwelle *a* sich beim Drehen mittelst der fest gelagerten Mutter *b* verschiebt und hierdurch den Schieberhebel *c* bewegt. Die Maschine treibt dann das Schneckenrad *d* an und mittelst der Räder *e f* wird die Mutter *b* wieder zurückgedreht und verschiebt die Handradwelle *a* in die Anfangsstellung, wodurch dann der Schieber auf Deckung kommt. Bei den neueren Ausführungen sind die Dampfcylinder oben angeordnet und liegt die Schneckenradwelle mit den Uebertragungsrädern unten. Für den Handbetrieb wird das Schneckenrad von der Schnecke entfernt und mit einem Zahnrad mit schrägen Zähnen, welches auf der Handradwelle sitzt, in Eingriff gebracht. Zum Stoppen der Maschine bei Hartruder dient die Mutter *g*, welche bei den Hartruderstellungen an die Bünde *h* anstösst und ein Weiterdrehen der Handradwelle verhindert.

Litteratur: [1] Busley, Die Schiffsmaschine, Kiel 1886. — [2] Mitteilungen aus dem Gebiete des Seewesens 1886. — [3] White, A Manual of Naval Architecture, London 1883.

Tj. Schwarz.

Dampfstrahlapparate, s. unter Strahlapparate.

Dampfstrahlfeuerspritze, ein Strahlapparat, der mittelst Kesseldampf aus Brunnen oder Wasserbecken Wasser zu Feuerlöschzwecken ansaugt. Je nach der Spannung im Kessel kann der kontinuirliche Strahl mehr oder weniger weit getrieben werden. Die Dampfstrahlfeuerspritze findet Anwendung in Fabrikanlagen, welche Betriebsdampf haben. S. d. Art. Strahlapparate. *Grosmann.*

Dampfstrahlgebläse werden Gebläse genannt, bei welchen durch einen mit grosser Geschwindigkeit aus einer Düse ausströmenden Dampfstrahl Luft angesaugt und fortbewegt wird. Dieselben bilden eine Unterabteilung der Strahlgebläse; s. Strahlgebläse.

Dampfstrahlluftverdichter, Dampfstrahlluftverdünner, Dampfstrahlpumpen, s. Strahlapparate.

Dampfstrahlrührgebläse, ein Verfahren zum Zwecke der Mischung von Flüssigkeiten mit einander oder mit festen Bestandteilen. Die Wirkungsweise desselben ist die, dass mit Hilfe eines Dampfstrahles Luft angesaugt wird, welche durch mit einer Anzahl von Löchern versehene Verteilungsrohre von unten in die betreffende Flüssigkeit eindringt. Die aufsteigende Luft setzt nun die Flüssigkeitsmenge und damit andere feste oder flüssige Stoffe von unten her in kräftige Bewegung und bewirkt die Mischung der Stoffe in so kurzer Frist und so innig, wie dies mit Hilfe der schwerfälligen mechanischen Rührwerke vollkommen unmöglich ist.

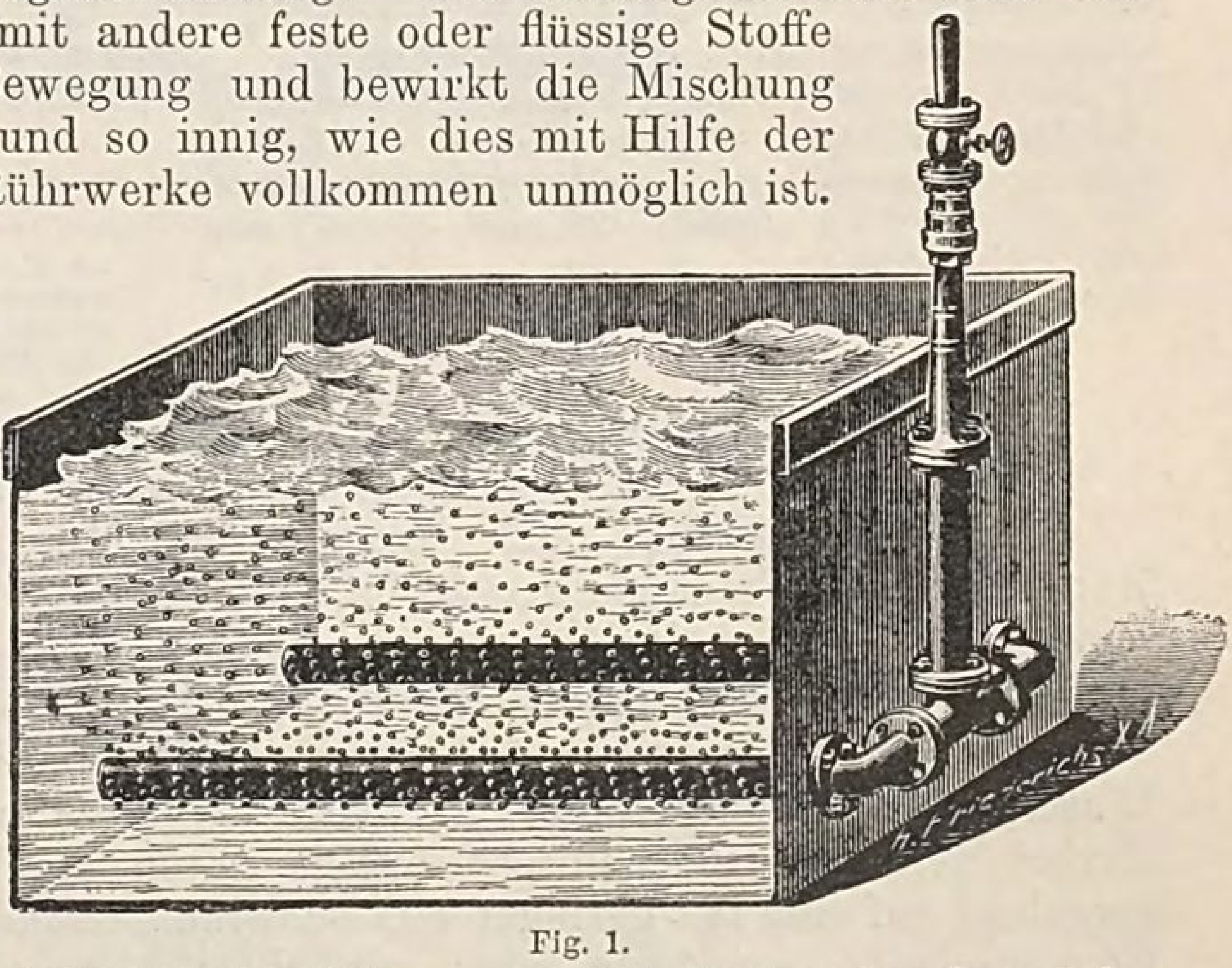


Fig. 1.

Die Vorteile der Rührgebläse, insbesondere gegenüber den mechanischen Rührwerken, lassen sich in folgendem zusammenfassen: Sie sind die einfachsten und billigsten Rührvorrichtungen. Es wird zwischen den lösenden und aufzulösenden Stoffen die innigste Mischung herbeigeführt. Sie haben keine sich bewegenden Teile und nutzen sich daher in keiner Weise ab. Sie können an jeder beliebigen Stelle aufgestellt werden und bedürfen zum Betriebe nur einer dünnen Dampfleitung. Sie erfordern keinerlei Wartung oder Aufsicht und werden einfach durch Oeffnen des Dampfventils in Betrieb gesetzt. Eine Regelung der Kräftigkeit des Rührens geschieht durch mehr oder minder weites Oeffnen des Dampfventils. Der Betrieb ist ein höchst sparsamer, namentlich auch im Vergleich zu den Kosten des Rührens durch Arbeiter. Das auf dem Boden des Bottichs liegende Luftrohr erfordert nur sehr wenig Platz und erschwert die Reinigung des Bottichs in keiner Weise. — Die Rührgebläse haben wegen dieser grossen Vorzüge erhebliche Verwendung gefunden, z. B. bei einer Reihe der besten Verfahren zur Beseitigung des Kesselsteins aus dem Speisewasser (de Haën, Bohlig, Hanarte, Möller, Eisenbüttel u. dergl.), ferner zum Auflösen von Rohrzucker, zum Mischen der Melasse mit Wasser in den Spritfabriken, zum Neutralisiren des Sirups (Abstumpfen), z. B. in Stärkezuckerfabriken, zum Aufrühren des Kalkes in den Aeschern

(Seifenfabriken, Lohgerbereien), zum Auflösen von Chlor, China-clay und zum Rühren in den Stoffbütten in den Papierfabriken u. dergl. In vielen Fällen, z. B. bei den oben beschriebenen Wasserreinigungsverfahren, ist es erwünscht, Luft besonderer Beschaffenheit, wie kohlensäurehaltige Luft der Schornsteine oder aus Koksöfen, der zu rührenden Flüssigkeit zuzuführen; in diesen Fällen verwendet man Rührgebläse mit Mantel. Damit man hierbei in der Lage ist, unter Umständen auch einmal gewöhnliche Luft anzusaugen, ist ein Drehschieber angebracht, welcher nach Bedarf die Stutzen für die Gase oder für die Luft öffnet und schliesst. Auf Wunsch kann das Gebläse auch gleichzeitig ein Gemisch von Gasen und Luft einsaugen.

Das Gebläse (Fig. 1) muss so hoch angebracht sein, dass sich die Ansaugeöffnungen mindestens 20 cm oberhalb des Flüssigkeitsstandes des Gefässes befinden, um bei abgestelltem Gebläse ein Auslaufen der Flüssigkeit durch die Saugöffnungen zu verhindern. Die normalen Gebläse überwinden einen Gegendruck von ca. 3 m Wassersäule. Die Luftröhren werden am zweckmässigsten mit 10 mm weiten, schräg nach unten gerichteten Löchern versehen (s. Fig. 2), deren Gesamtquerschnitt gleich dem doppelten Querschnitt der für die einzelnen Gebläse angegebenen Luftrohre ist. Um eine gleichmässige Rührung zu erzielen, ist es notwendig, bei breiteren Gefässen mehrere Rührrohrstränge neben einander zu legen. Als Regel kann man annehmen, dass bei 70 cm Breite des Gefässes ein Rührrohr genügt, dass bei grösserer Breite auf je 50 cm Breite ein Rohr kommt. Bei solcher Gabelung der Rührrohre muss der Gesamtquerschnitt desselben mindestens gleich dem des Luftrohres sein. Mitunter ist der Einbau schräger Bretter, wie in Fig. 3 dargestellt, behufs besserer Aufrührung sich fest ablagernder Stoffe erwünscht. Bei runden Gefässen können runde Rohranordnungen Verwendung finden. Die Saugrohre der Apparate mit Mantel sind so weit zu nehmen wie die Luftrohre; Dimensionen nach unten stehender Tabelle der Firma Körting, Körtingsdorf, Hannover.

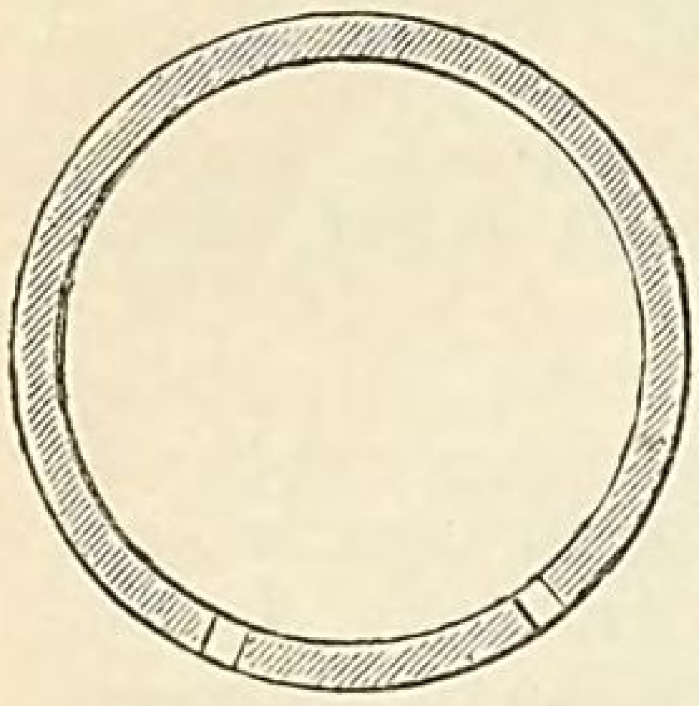


Fig. 2.

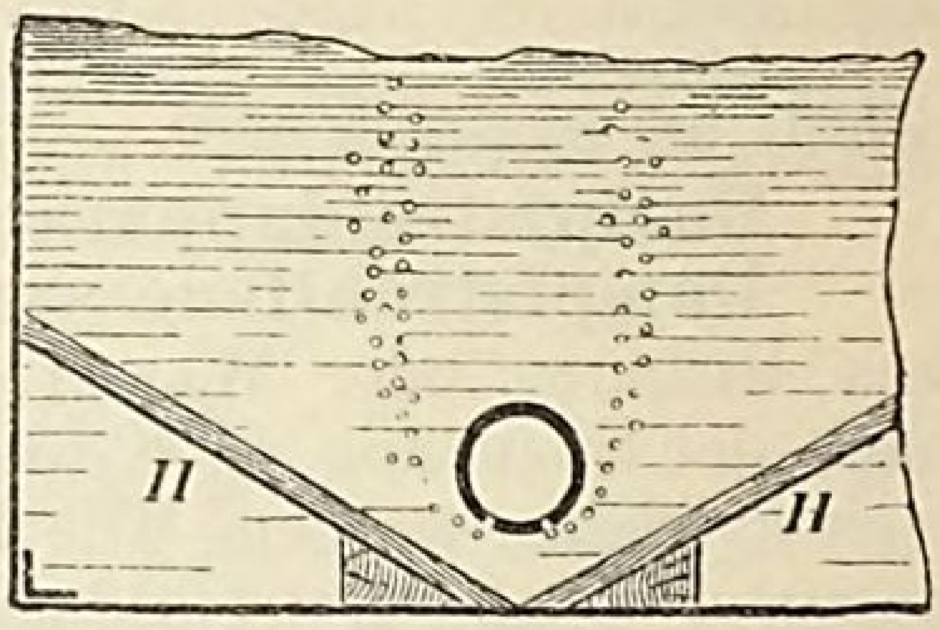


Fig. 3

Nummer des Gebläses	Für Behälter von einem Inhalte von	Geringste Weite des Dampfrohres	Geringste Weite der Luftröhren	Geringste Weite der Rührröhren
1	1—2 cbm	25 mm	60 mm	50 mm
2	2—4 „	30 „	80 „	Im allgemeinen werden bei diesen Nummern mehrere Stränge verwendet, der Gesamtquerschnitt derselben darf nicht kleiner sein, als den für die Luftröhren nötigen Weiten entspricht.
3	4—8 „	40 „	100 „	
4	8—16 „	50 „	120 „	

Dampftellerofen, s. Brikettiren, Bd. 2, S. 693 ff.

Dampftrockner, s. unter Dampfwasserableiter.

Dampftrommel, auch Trockentrommel, ist diejenige in der Papierfabrikation zum Trocknen der sogen. endlosen Papierbahn in mehreren Exemplaren verwendete Trockeneinrichtung, welche aus einer cylindrischen, im Innern mit Dampf gefüllten Metallwalze besteht. S. Papierfabrikation.

Dampfturbinen sind Kraftmaschinen, bei welchen durch strömenden Wasserdampf Schaufelräder in rasche Umdrehung versetzt werden, und die hierbei geleistete mechanische Arbeit durch die Turbinenwellen und Zahnradvorgelege auf eine mit geringerer Geschwindigkeit umlaufende, entweder mit einer Riemenscheibe versehene oder mit einer Dynamomaschine direkt verbundene Welle übertragen wird. Bezüglich der Zuführung und Ausnützung des Dampfes unterscheidet man drei Hauptarten von Dampfturbinen: 1. solche, bei welchen der Dampf direkt in das Schaufelrad einströmt, ohne durch einen, seine Richtung bestimmenden Einlaufapparat zu gehen; 2. solche, bei welchen eine oder mehrere Einlaufdüsen vorhanden sind, in welchen die Expansion des Dampfes vor seinem Eintritt in das Schaufelrad stattfindet; 3. solche, bei welchen die Expansion allmälich und stufenweise stattfindet und der Dampf nach und nach durch

mehrere Einlaufapparate und Schaufelräder hindurchgeht. Als Hauptvertreter der Dampfturbinen der ersten Klasse ist jene von Morton [1] zu nennen. Bei derselben tritt der Dampf aus dem Zuleitungsrohr direkt in den inneren Raum *a* des Turbinenrades *B* (Fig. 1 u. 2), welches freitragend auf einer liegenden Welle befestigt ist, und strömt durch eine Anzahl von gekrümmten Kanälen, wobei er durch Reaktion das Turbinenrad in Umdrehung versetzt. Das letztere ist aus drei mit gekrümmten Kanälen versehenen Ringen, die an der Scheibe *B* befestigt sind, gebildet. In die zwischen den Ringen liegenden Hohlräume *b* und *c* ragen seitlich an der festen Scheibe *A* befestigte, gekrümmte Schaufeln *F* hinein, welche die Richtung des aus den Turbinenkanälen ausströmenden Dampfes umkehren und den Dampf zur Ruhe bringen sollen. Dass die Ausnützung des Dampfes in diesen Turbinen eine sehr mangelhafte und daher der Dampfverbrauch derselben ein beträchtlicher ist, ist ohne weiteres klar, da erstlich keine beträchtliche Eintrittsgeschwindigkeit vorhanden und sodann die Austrittsgeschwindigkeit aus dem innersten Ring nicht als Eintrittsgeschwindigkeit für den folgenden Ring nutzbar gemacht, dieselbe vielmehr künstlich verringert wird. Bei einem Versuch mit einer zehnpferdigen Turbine dieser Art (s. [1], S. 274), welche 4000 Umdrehungen in der Minute machte, mit einem

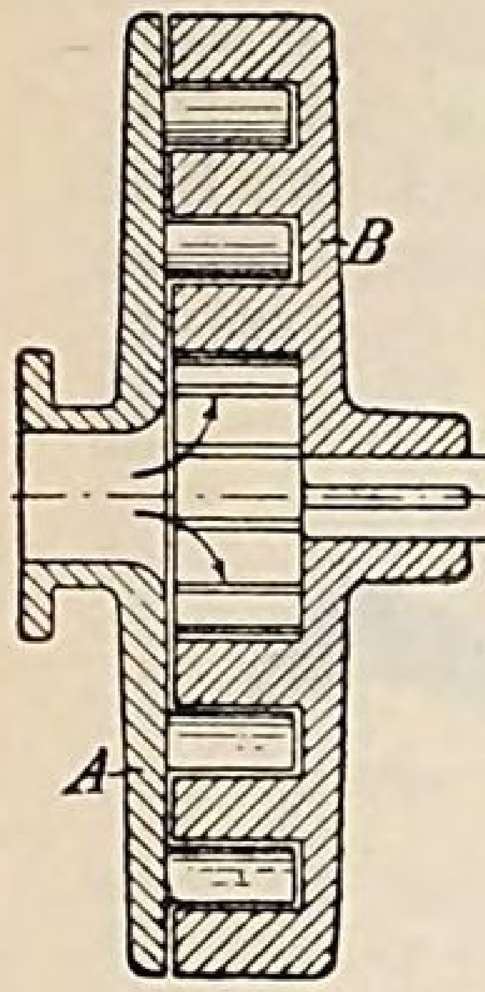


Fig. 1.

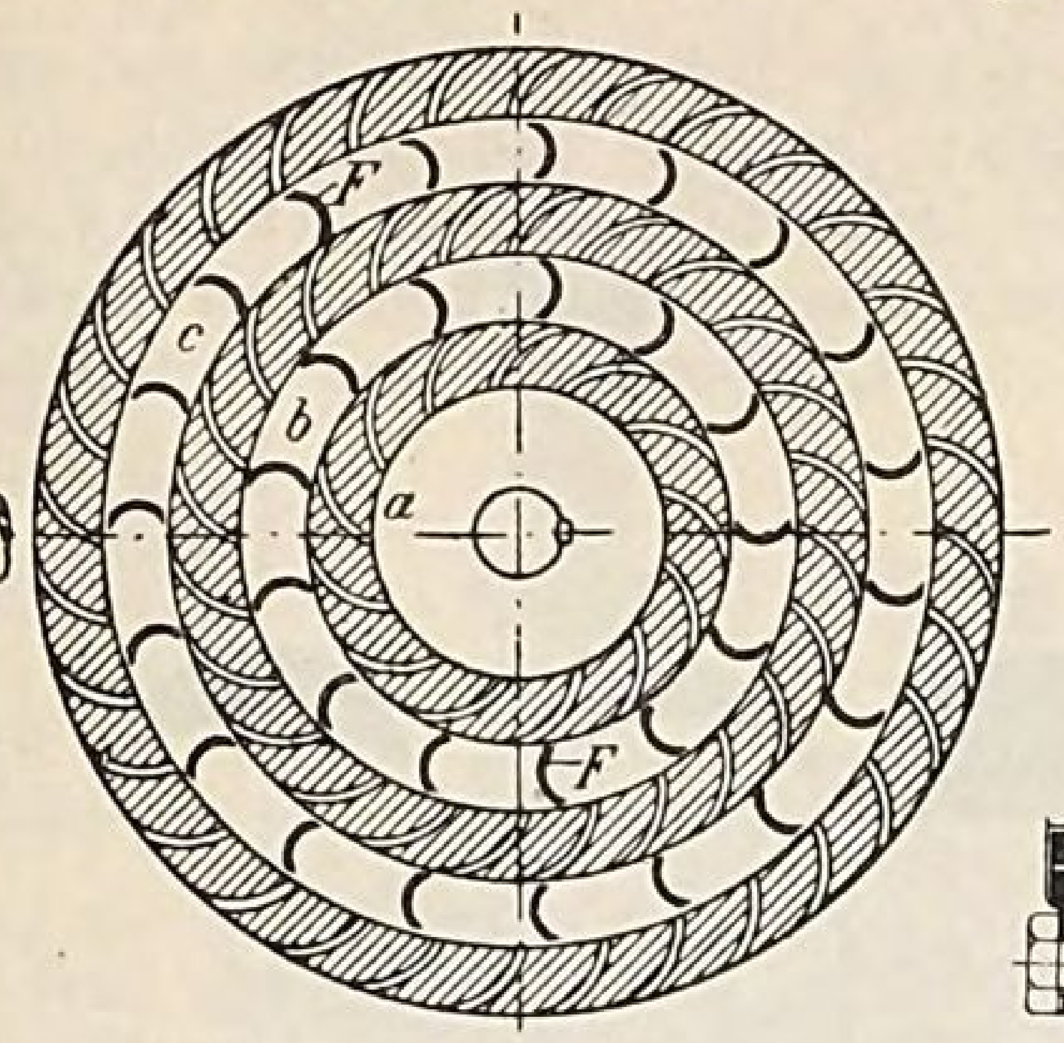


Fig. 2.

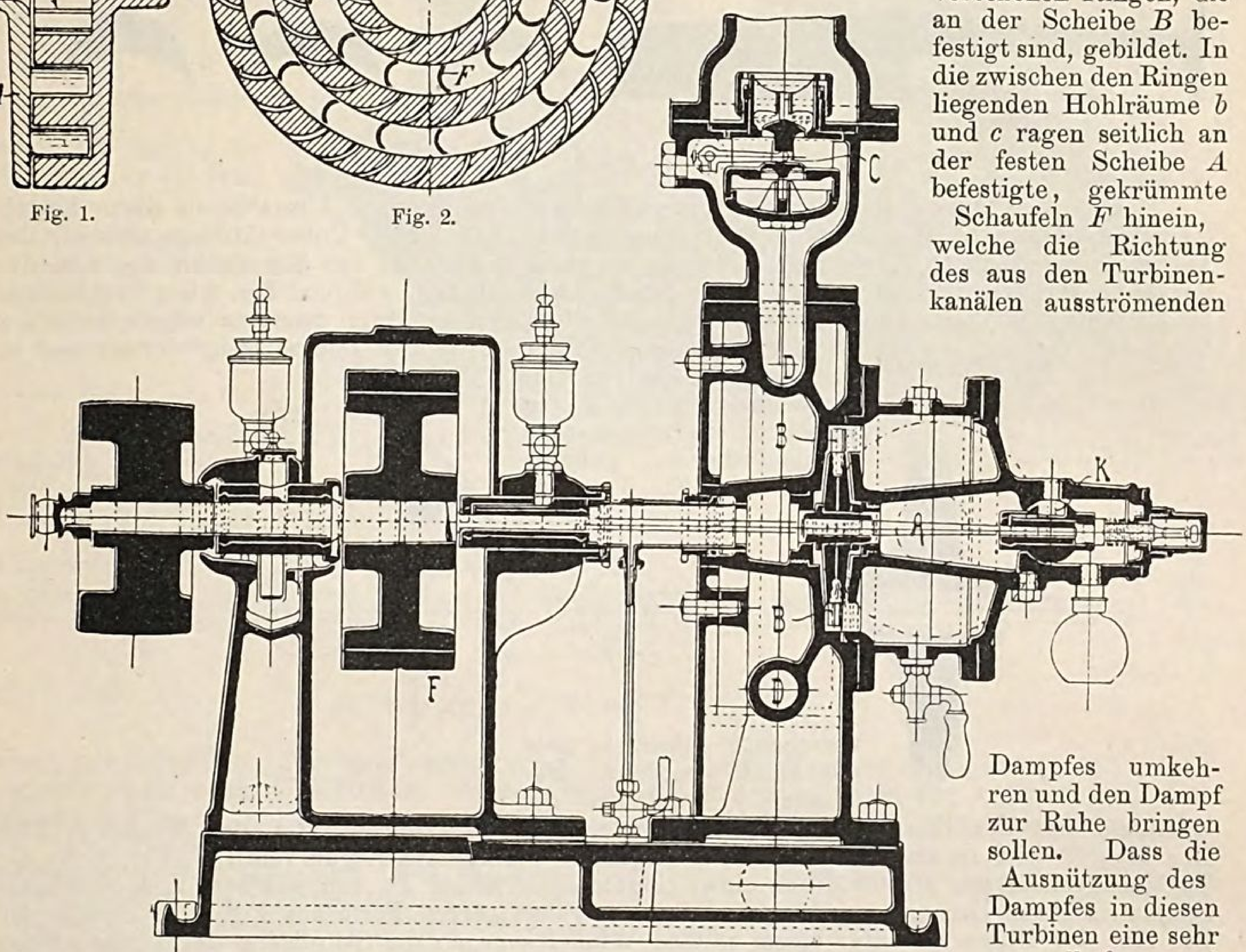


Fig. 3.

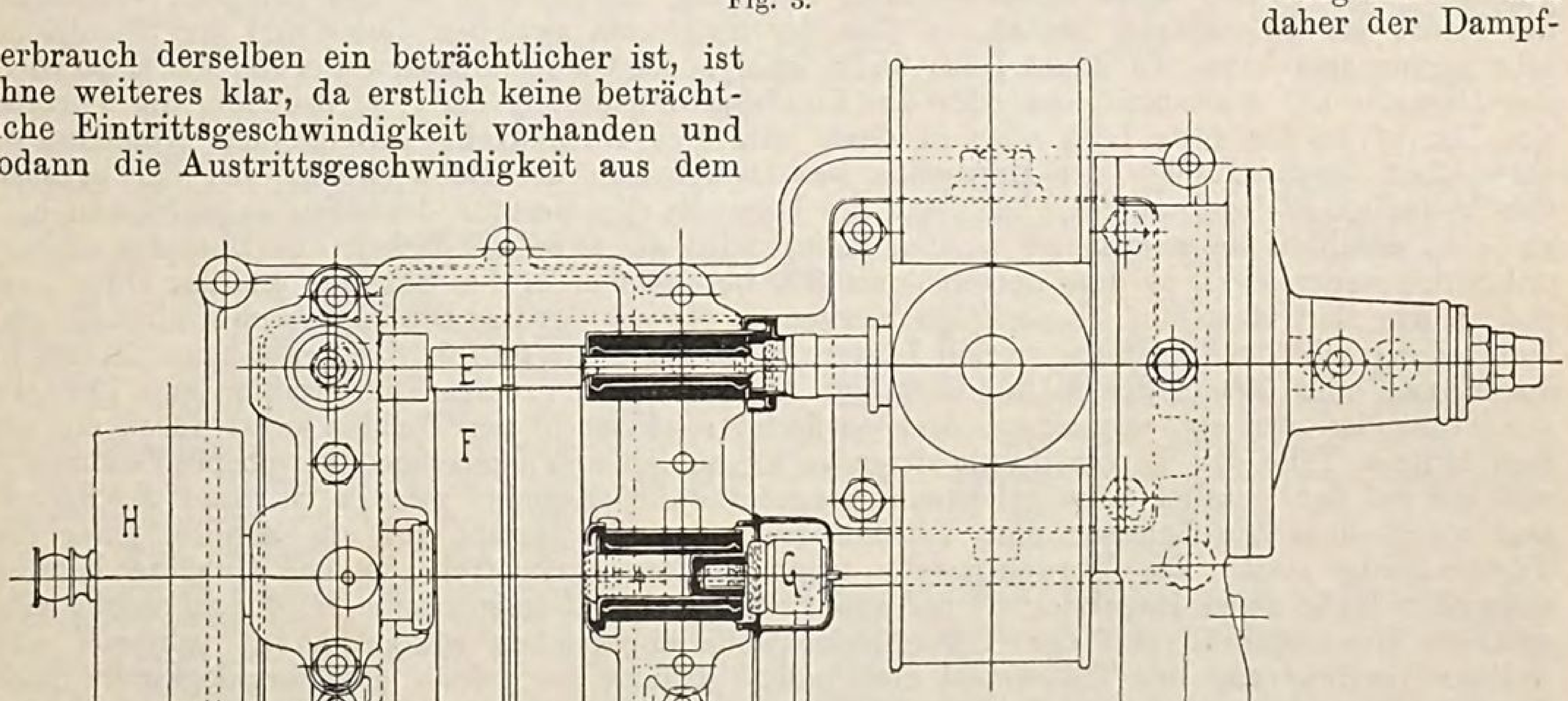


Fig. 4.

Anfangsdruck von 6,5 Atm. arbeitete und den verbrauchten Dampf einem Kondensator zuströmen liess, betrug der Dampfverbrauch 39 kg und der Kohlenverbrauch 3,9 kg für eine PS-Stunde.

Wesentlich andere Resultate zeigt die Hauptvertreterin der zweiten Klasse, weil sie auf einem richtigen Prinzip beruht und praktisch in höchst vollkommener Weise ausgeführt ist: die Dampfturbine von Gustav de Laval in Stockholm, welche wohl als die beste aller bisher konstruirten Dampfturbinen gilt. Dieselbe ist in Fig. 3 und 4 im Längsschnitt und Grundriss dargestellt.

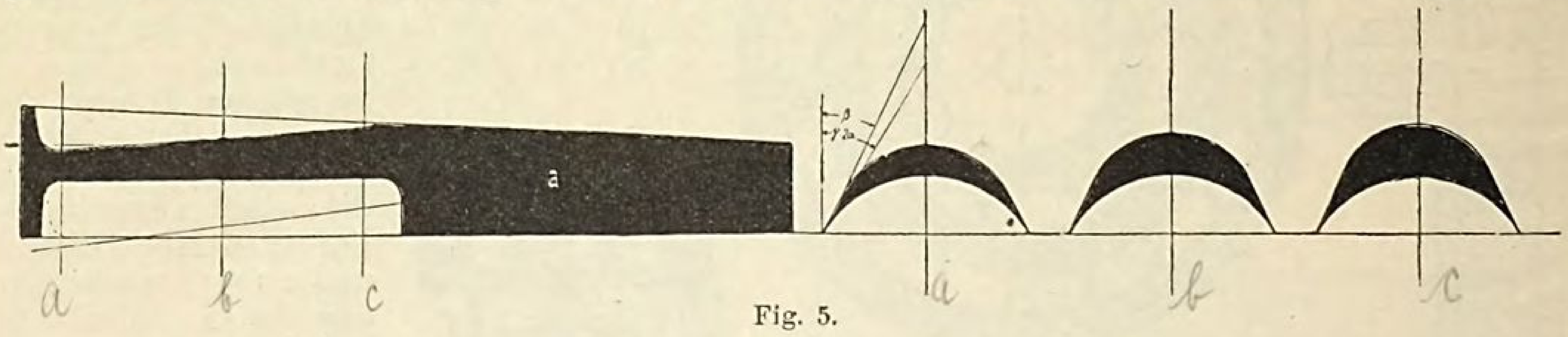
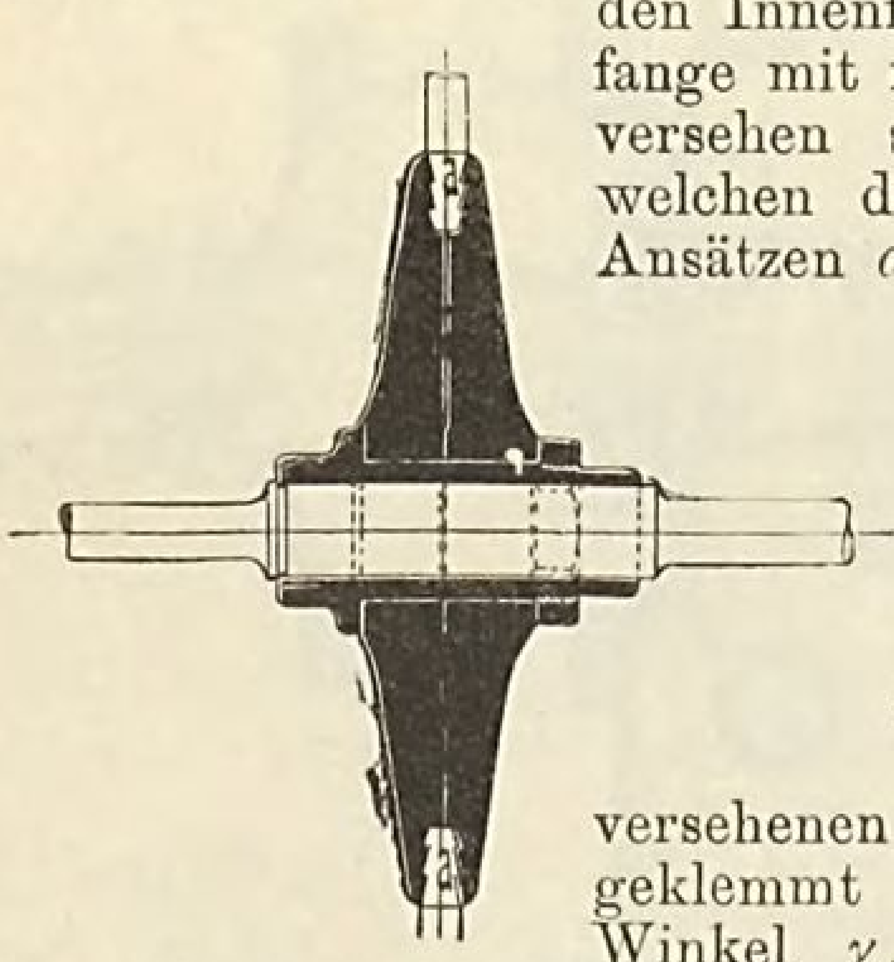
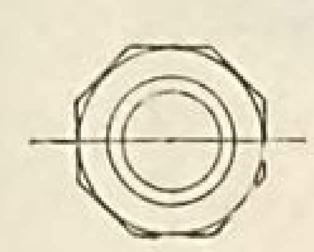


Fig. 5.

Auf einer langen, sehr dünnen, einerseits in einem festen, andererseits in einem Kugellager befindlichen Stahlwelle A ist (unsymmetrisch zu den beiden Unterstützungspunkten) das Turbinenrad B befestigt, welches mit einer grossen Anzahl an den Stirnseiten zugeschärfter Schaufeln versehen ist, deren Querschnitt aus Fig. 5 ersichtlich, während Fig. 6 das Turbinenrad in Ansicht und Querschnitt darstellt. Dasselbe besteht aus zwei massiven schmiedeeisernen Scheiben, die auf einer, auf einem Konus der Welle sitzenden Büchse festgeklemmt und an den Innenflächen am Umfange mit mehreren Nuten versehen sind, zwischen welchen die mit radialen Ansätzen a (Fig. 5 und 6) versehenen Schaufeln festgeklemmt werden. Der Winkel γ, welchen die Schaufeln mit der Stirnseite des Rades bilden (Fig. 5), beträgt 32 °, der Winkel β 26 °.





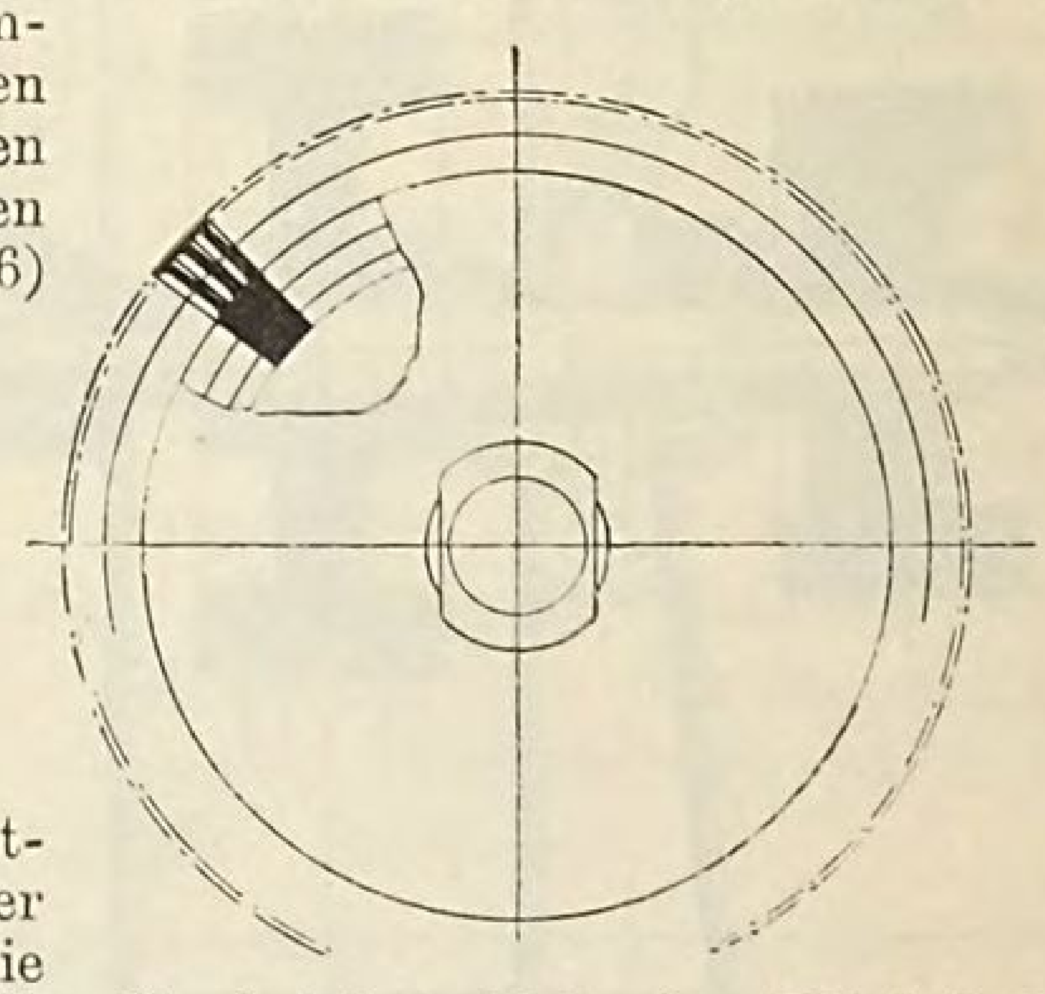


Fig. 6.

Der Dampf tritt durch das von einem Regulator beeinflusste Regulirventil C (Fig. 3) in das Turbinengehäuse ein, strömt durch einen ringförmigen Kanal D, von welchem 2, 4 oder mehr symmetrisch zur Drehaxe angebrachte Düsen ausgehen, deren Form aus Fig. 9 zu ersehen ist. Die Axe der Düsen ist unter einem spitzen Winkel α gegen die Stirnfläche des Turbinenrades geneigt, während die Düse selbst an ihrer Mündung abgeschrägt ist und eine zur Stirnfläche des Rades parallele Fläche besitzt, so dass der Spielraum zwischen dieser und der Stirnfläche sehr gering sein kann. In dieser Düse findet infolge der Querschnittserweiterung die Expansion des Dampfes auf atmosphärische oder die Kondensatorspannung statt, je nachdem die Turbine den Dampf in die freie Luft oder in einen mit dem Auspuffrohr verbundenen Kondensator entweichen lässt. Infolge der Expansion des Dampfes in der Düse (welche bei der grossen Geschwindigkeit des Dampfes, nachdem die Düse die Temperatur desselben angenommen hat, als eine adiabatische angesehen werden kann) wird die Geschwindigkeit des Dampfes ausserordentlich vergrössert, so dass derselbe mit 800 bis 1000 m in der Sekunde aus der Düse aus- und in das Rad einströmt. Eine Folge hiervon ist die sehr grosse Umfangsgeschwindigkeit und Umdrehungszahl der Turbinen, welch letztere z. B. bei einer fünfpferdigen Maschine 30 000 in der Minute oder 500 in der Sekunde beträgt. Da diese sehr grossen Tourenzahlen zum Betriebe von Transmissionen etc. ungeeignet sind, so findet zunächst in der Turbine selbst durch ein auf dem hintern Teile der Turbinenwelle sitzendes kleines, mit Winkelzähnen versehenes Stirnrad E und ein auf der parallel dazu gelegenen Vorgelegswelle sitzendes zweites Stirnrad F (Fig. 4) von zehnfachem Durchmesser eine Verkleinerung der Tourenzahl auf ein Zehntel jener des Turbinenrades statt. Die Vorgelegswelle trägt an dem einen frei aus dem Gehäuse hervorstehenden Ende einen Regulator G, am andern Ende eine Riemenscheibe H, durch welche eine grössere Riemenscheibe auf der Transmissionswelle angetrieben werden kann, wodurch eine weitere Verringerung der Tourenzahl stattfindet. Häufig ist jedoch die Vorgelegswelle nach der Seite der Riemenscheibe H hin verlängert und trägt direkt den Anker einer hinter der Turbine auf gleicher Grundplatte mit ihr montirten Dynamomaschine. Bei grösseren Maschinen (über 20 PS) treibt das auf der Turbinenwelle sitzende Stirnrad E zwei seitlich von ihr angeordnete Vorgelegswellen, so dass eine Dynamomaschine mit doppelten Armaturen angewendet werden kann, welche entweder parallel oder hinter einander geschaltet und für Spannungen von 110 bezw. 220 Volts benützt werden können.

Die äussere Ansicht einer solchen mit Zwillingsdynamo versehenen Dampfturbine ist in Fig. 7 abgebildet, welche zugleich die allgemeine Anordnung der Dampfturbine, den Regulator, das Stellzeug, die Dampfzu- und ableitung erkennen lässt. Die Berechnung der Leistung der de Laval'schen Dampfturbine geschieht am einfachsten nach folgenden Betrachtungen:

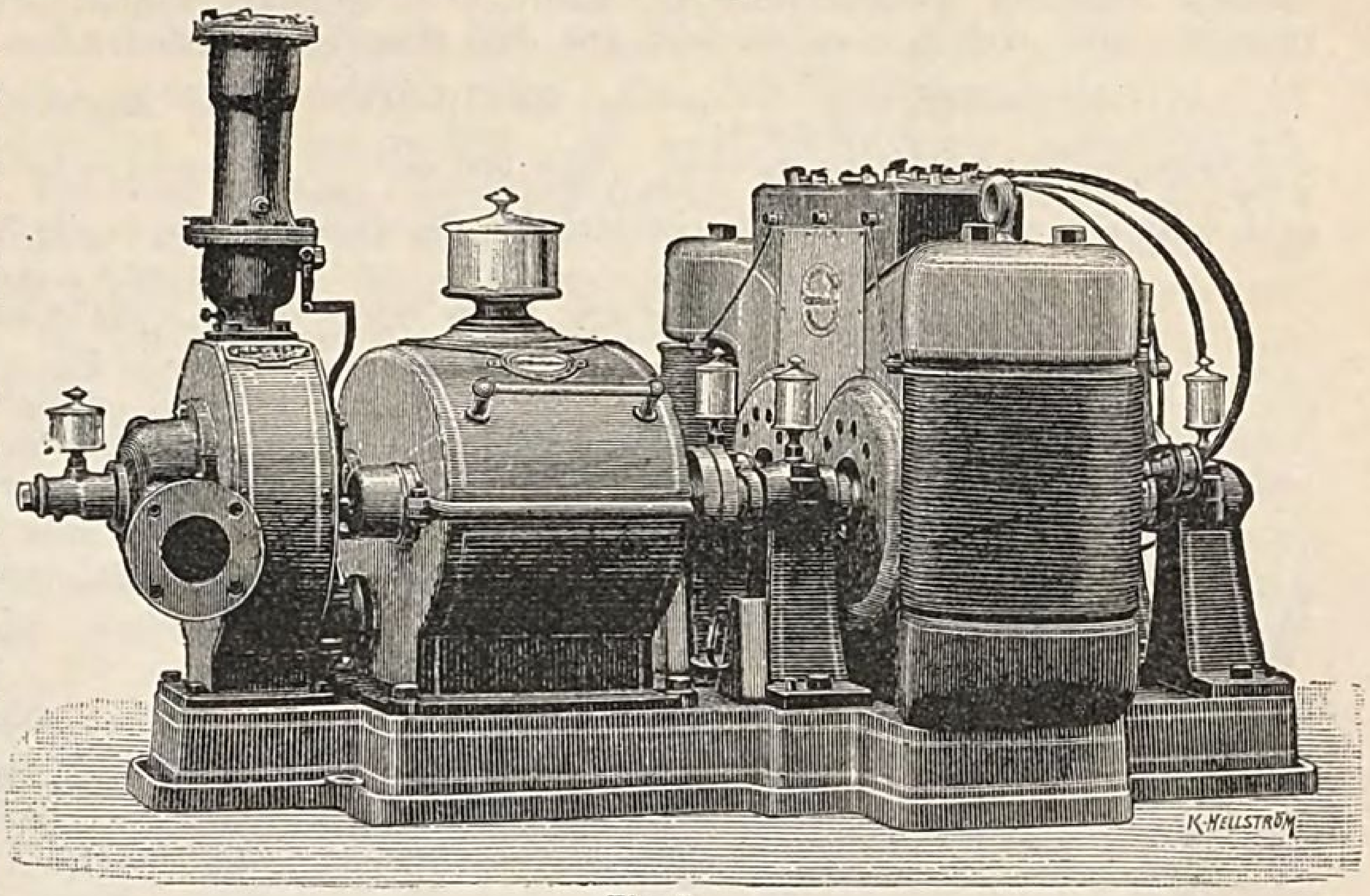
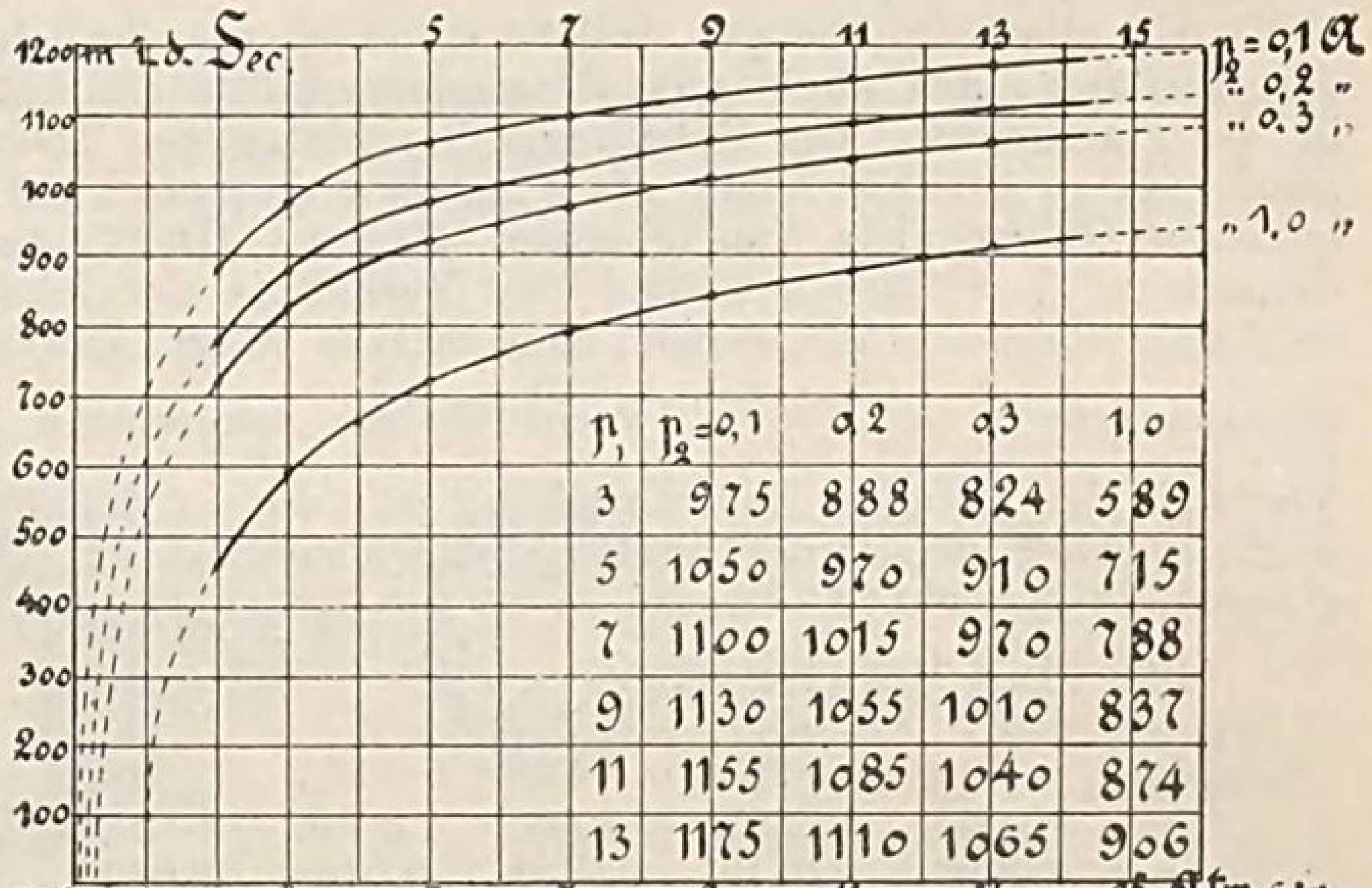


Fig. 7.

Bezeichnet w_1 die Ausflussgeschwindigkeit des Dampfes aus der Düse und w_2 die absolute Ausflussgeschwindigkeit aus den Schaufeln (Fig. 9), so ist die an das Rad abgegebene Arbeit $A = \frac{G_1}{2g}(w_1{}^2 - w_2{}^2)$, worin G_1 das in der Sekunde aus der Düse ausströmende Dampfgewicht in kg ist. Wäre die Austrittsgeschwindigkeit $w_2 = 0$, so würde die theoretisch mögliche, grösste Leistung $A_0 = \frac{G_1}{2g}\, w_1{}^2$ sein. Der Wirkungsgrad der Turbine ergibt sich somit aus dem Verhältnis beider Leistungen A und A_0 zu einander, oder $\eta = A : A_0 = 1 - \left(\frac{w_2}{w_1}\right)^2$. — Unter Voraussetzung adiabatischer Expansion in der Düse, welche, wie oben erwähnt, wohl angenommen werden darf, berechnet sich mit Berücksichtigung des Reibungswiderstandes in der Düse die Ausflussgeschwindigkeit w_1 nach Zeuner [2] aus der Gleichung:

$$w_1 = \sqrt{2g\,\frac{k}{k-1}\,p_1\,v_1\left[1 - \left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{\frac{n-1}{n}}\right]},$$

worin p_1 den innern, absoluten Dampfdruck, p_2 den Enddruck der Expansion, $k = 1{,}135$ den Exponenten für trocken gesättigten Wasserdampf (s. [2], S. 75), $n = 1{,}121$ den Ausflussexponenten (ebenda S. 162 und 163) und v_1 das spezifische Volumen von 1 kg Dampf vom Drucke p_1 bezeichnet.



p_1	p_2=0,1	0,2	0,3	1,0
3	975	888	824	589
5	1050	970	910	715
7	1100	1015	970	788
9	1130	1055	1010	837
11	1155	1085	1040	874
13	1175	1110	1065	906

Fig. 8.

Die Ausflussgeschwindigkeiten für verschiedene Anfangs- und Enddrucke sind in der Tabelle (Fig. 8) enthalten, während die vier in der Figur enthaltenen Kurven die Zunahme der Ausflussgeschwindigkeiten bei Anfangsdrücken von 3, 5, 7 etc. Atmosphären absol. und Enddrücken von 0,1, 0,2, 0,3 und 1 Atmosphären absol. veranschaulichen. Wie die Kurven zeigen, entspricht bei geringen Anfangsdrücken einer Zunahme des Dampfdrucks um 1 Atm. oder mehr eine weit grössere Steigerung der Ausflussgeschwindigkeit als bei hohen Drücken, so dass z. B. der Unterschied zwischen der Ausflussgeschwindigkeit bei 9 und 11 Atm. nur 25 m (bei einer Kondensatorspannung von 0,1 Atm.), bei 3 und 5 Atm. dagegen 75 m beträgt. Das Diagramm lässt ferner ohne weiteres den Einfluss der Grösse des Vakuums im Kondensator oder des Enddruckes der Expansion auf die Ausflussgeschwindigkeit erkennen. Hiernach ist es zur Erreichung grosser Ausflussgeschwindigkeit stets empfehlenswert, mit Kondensation zu arbeiten, da z. B. bei 7 Atm. Anfangsdruck die Ausflussgeschwindigkeit in freie Luft 788 m, bei 0,1 Atm. Kondensatorspannung aber 1100 m beträgt. Wie die erste Spalte der Tabelle (für 0,1 Atm. Gegendruck) zeigt, entspricht einer Steigerung des Dampfdruckes von 7 auf 13 Atm. abs. (also um fast 100 %) nur eine Vermehrung der Ausflussgeschwindigkeit um 75 m (nur etwa 7 %), so dass es wenig vorteilhaft erscheint, die Turbinen mit sehr hohen Dampfdrücken (etwa über 7 Atm. abs.) zu betreiben.

Die Austrittsgeschwindigkeit w_2 berechnet sich wie folgt: Damit zunächst der Eintritt des Dampfstrahls in die Schaufeln ohne Stoss erfolge, muss die Schaufel an der Stirnfläche nach der Richtung der relativen Eintrittsgeschwindigkeit c_1 (Fig. 9) gekrümmt sein. Bezeichnet v_1 die Umfangsgeschwindigkeit des Rades und c_2 die relative Austrittsgeschwindigkeit aus den Schaufeln, so kann bei der so sehr kurzen Zeit, während welcher der Dampf den Weg in der gekrümmten Schaufel zurücklegt, angenommen werden, dass eine Abnahme seiner Geschwindigkeit relativ zu den Schaufeln nicht stattfindet, also $c_2 = c_1$ gesetzt werden. Wird ferner $c_1 = v_1$ gemacht, also auch $c_2 = v_1$, so folgt aus dem Geschwindigkeitsrhombus auf der Eintrittsseite $\frac{w_1}{2} = v_1 \cdot \cos \alpha$, also $v_1 = \frac{w_2}{2 \cos \alpha}$ und aus dem Rhombus auf der Austrittsseite $\frac{w_2}{2} = v_1 \cdot \sin \alpha$, also $v_1 = \frac{w_2}{2 \sin \alpha}$; mithin ist $w_2 = w_1 \cdot \operatorname{tg} \alpha$ und $\frac{w_1^2 - w_2^2}{w_1^2} = 1 - \operatorname{tg}^2 \alpha$, d. h. der Wirkungsgrad η ist nur abhängig vom Eintrittswinkel α des Dampfstrahls in die Schaufeln

Es wird für $\alpha =$	10°	15°	20°	25°	30°	35°
der Wert von $\eta = 1 - \operatorname{tg}^2 \alpha =$	0,969	0,928	0,867	0,783	0,667	0,510

In Fig. 9 ist $\alpha = 24^0 10'$, also $\eta \sim 0{,}78$, während bei der in Fig. 5 dargestellten Schaufel der Kantenwinkel der Schaufel $\gamma = 2\alpha = 32^0$, also $\alpha = 16^0$ und mithin $\eta \sim 0{,}9$ ist.

Entsprechend der sehr grossen Ausflussgeschwindigkeit w_1 ist auch die Umfangsgeschwindigkeit v_1 und daher auch die Tourenzahl n der Turbinenwelle eine ausserordentlich grosse.

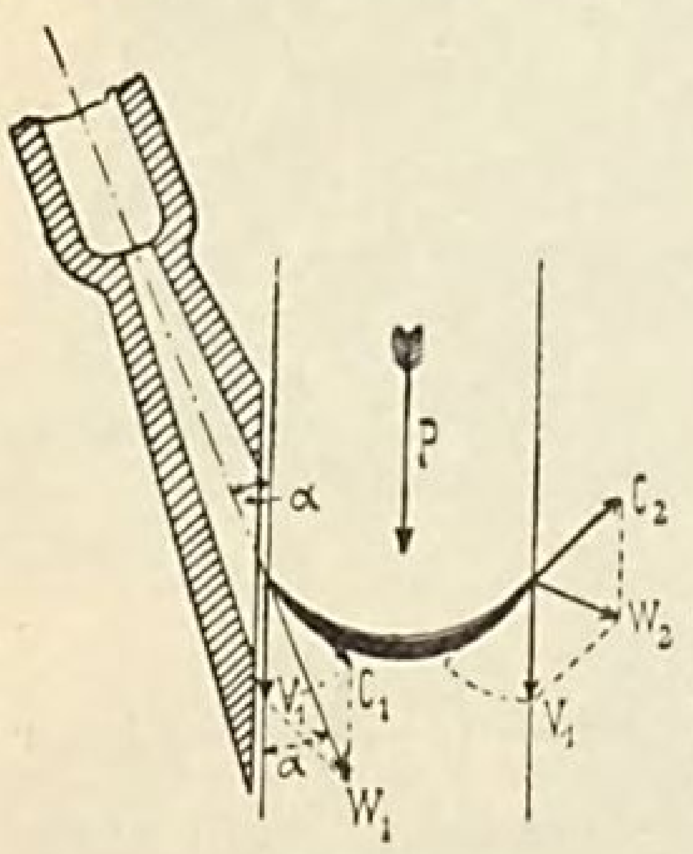


Fig. 9.

Die Tourenzahlen betragen z. B. für eine Turbine von

5 eff. PS.	30 000	in der Minute	oder	500	in der	Sekunde
10 " " / 15 " "	24 000	" "	"	" 400	" "	"
20 " " / 30 " "	20 000	" "	"	" 333	" "	"
50 " "	15 000	" "	"	" 250	" "	"
100 " "	17 000	" "	"	" 283	" "	"

Hieraus lässt sich rückwärts die effektive Ausflussgeschwindigkeit des Dampfes aus der Düse berechnen, wenn der Durchmesser des Schaufelrades und der Winkel α bekannt ist. Bei der in Fig. 3 und 4 dargestellten Dampfturbine von 10 eff. PS. beträgt der Durchmesser des Turbinenrades 170 mm, woraus sich die Umfangsgeschwindigkeit bei 24 000 Touren in der Minute zu $v_1 = \frac{0{,}17 \cdot 3{,}14 \cdot 24\,000}{60} = 213{,}6$ m berechnet. Für $\gamma = 2\alpha = 32^0$ oder $\alpha = 16^0$ berechnet sich daraus die effektive Ausflussgeschwindigkeit w_1 aus der Düse zu $w_1 = 2 \cdot v_1 \cdot \cos \alpha = 2 \cdot 213{,}6 \cdot 0{,}961 = 410$ m|sec. Dieser Geschwindigkeit entspricht nach dem Diagramm (Fig. 8) ein Druck p_1 von 1,8 Atm. absol., während die Berechnung nach der Zeuner'schen Ausflussgeschwindigkeitsformel $p_1 = 1{,}87$ Atm. abs. als Anfangsdruck an der engsten Stelle der Düse ergibt. Hierbei ist das spezifische Volumen v_1 durch das spezifische Gewicht eines cbm Dampf ersetzt, welches sich nach Zeuner [3] als Funktion des Dampfdrucks aus der Gleichung $\gamma = 0{,}6061 \cdot p_1^{0{,}9393}$ berechnen lässt, worin p_1 in Atmosphären zu setzen ist.

Um die Dampfmengen, welche stündlich erforderlich sind, zu berechnen muss man ausser der Ausflussgeschwindigkeit die Düsenquerschnitte kennen. Bei einer zwanzigpferdigen Turbine ist der Durchmesser des Zuleitungsrohrs hinter der Düse = 11 mm, derjenige der Düse an ihrer engsten Stelle = 4 mm, am Ausströmungsquerschnitt = 6 mm und der Abstand der beiden letzteren Querschnitte von einander 40 mm. Der Ausströmungsquerschnitt berechnet sich darnach zu $f_1 = 0{,}283$ qcm und das Verhältnis der letzteren zum engsten Düsenquerschnitt zu 2,241. Für $\alpha = 20^0$ erhält man hieraus unter Anwendung der früheren Gleichung sowie der Gleichung $G_1 = \frac{f_1 \cdot w_1}{v}$, worin G_1 die sekundliche Dampfmenge und v das spezifische Volumen des Dampfes vom Druck p_1 ist, die in der folgenden Tabelle enthaltenen Werte, worin p_1 stets den Druck im engsten Querschnitt der Düse und p_2 den Druck im Ausflussquerschnitt bezeichnen.

$p_2 = 1$ Atm. absol.

Für eine Düse ist bei

$p_1 =$	3	5	7	9	11	13	Atm. absol.
$w_1 =$	589	715	788	837	874	906	m\|sec.
$A =$	2,004	3,583	4,800	5,746	6,535	7,313	PS. theoret.
$G_1 =$	0,0098	0,0119	0,0131	0,0139	0,0145	0,0151	kg\|sec.

Für vier Düsen, welche Zahl meistens bei den mittleren Grössen vorhanden ist, ist

$A =$	8,016	14,33	19,2	23,0	26,14	29,25	PS. theoret.
$G_{st} =$	141	171	188,6	200	209	218	kg stündlich
$G_0 =$	17,6	11,94	9,83	8,7	8,0	7,44	kg stündlich für 1 PS. theoret.

Der wirkliche Dampfverbrauch stellt sich infolge der Widerstände in der Maschine und der geringeren, wirklichen Ausflussgeschwindigkeit w_1 höher.

Bei einem am 15. Mai 1893 von Cederblom in Stockholm mit einer nominell fünfzigpferdigen Dampfturbine angestellten Versuche ergaben sich folgende Zahlen: Wassermenge (von 15,4° C. Anfangstemperatur) 570,13 kg stündlich. Gebremste Leistung 63,7 eff. PS. Kesseldruck 8,6 kg Ueberdruck. Kondensatorspannung 0,12 kg|qcm; Dampfmenge für 1 eff. PS. 8,95 kg stündlich. Theoretische Ausflussgeschwindigkeit $w_1 = 1100$ m|sec. Hieraus berechnet

sich bei einem Anstellungswinkel der Düse von $\alpha = 20^0$ und 4 Düsen die theoretische oder indizirte Leistung zu $N_i = 113{,}47$ PS. und der maschinelle Wirkungsgrad zu $\eta_m \frac{63{,}7}{113{,}47} = 0{,}56$. Dieser Wert entspricht genau dem in einer Abhandlung der Revue industrielle [4] über die Laval'sche Dampfturbine angegebenen Werte.

Eine Haupteigentümlichkeit der de Laval'schen Turbine ist die ausserordentlich dünne, elastische Turbinenwelle, ohne welche eine so enorm grosse Geschwindigkeit nicht gut anwendbar wäre, da sich Schwierigkeiten in den Lagerungen bei massiven Wellen schon bei weit geringeren Tourenzahlen einstellen. Infolge der sehr grossen Geschwindigkeit einerseits und der grossen Elastizität der Wellen andererseits stellt sich das Schaufelrad, sobald eine gewisse Tourenzahl erreicht ist, selbstthätig in seine Schwerpunktsaxe und rotirt um dieselbe, so dass bei einem Auseinanderfallen dieser Axe mit der geometrischen Axe der Welle und des Rades eine dauernde Ausbiegung der Welle stattfindet, welcher durch eine einseitige Lagerung in einem Kugellager (s. Fig. 3, *K*) Rechnung getragen ist, während die Welle auf der entgegengesetzten Seite in zwei festen Lagern mit grossen Auflageflächen (ca. neunfache Länge des Zapfendurchmessers) gelagert ist, zwischen welchen das Schraubenrad sitzt. Infolge dieser Anordnung können die Durchmesser der Wellen ausserordentlich klein sein.

Dieselben betragen z. B.
bei einer Maschine von 15 eff. PS. an der dünnsten Stelle 7,5 mm, im übrigen 9 mm und
" " " " 100 " " " " " " 25 " " " 30 "

Ueber die Theorie dieser elastischen Wellen handelt eine Untersuchung von **Föppl** [5], auf welche ebenso wie auf eine Abhandlung von **Klein** [6], in welcher die de Laval'sche Turbine eingehend besprochen wird, nur hingewiesen werden kann.

Als Vorzüge der de Laval'schen Dampfturbinen werden von der dieselben in Deutschland ausführenden Firma, der Maschinenbauanstalt **Humboldt** in Kalk bei Köln u. a. die folgenden namhaft gemacht: 1. Billige und einfache Aufstellung, 2. leichte Wartung und geringer Oelverbrauch, 3. geringster Raumbedarf, 4. ruhiger, stossfreier Gang, 5. vollständig gleichförmige Geschwindigkeit, weshalb sich die Turbinen sehr gut zum Betriebe von Dynamomaschinen eignen.

Die Preise betragen für Turbinen von

5	15	30	50	100	eff. PS.
1200	2000	3000	5000	8000	Mk.

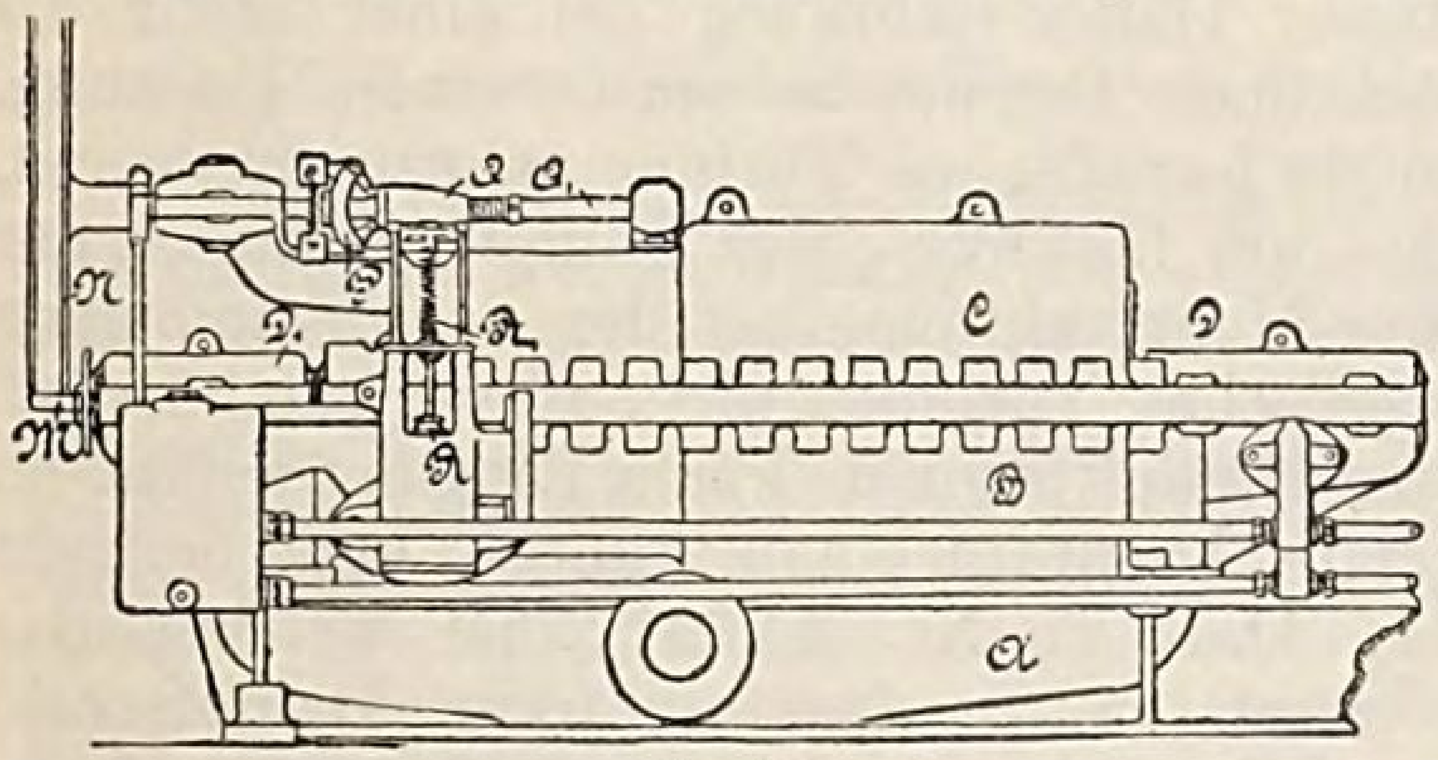


Fig. 10.

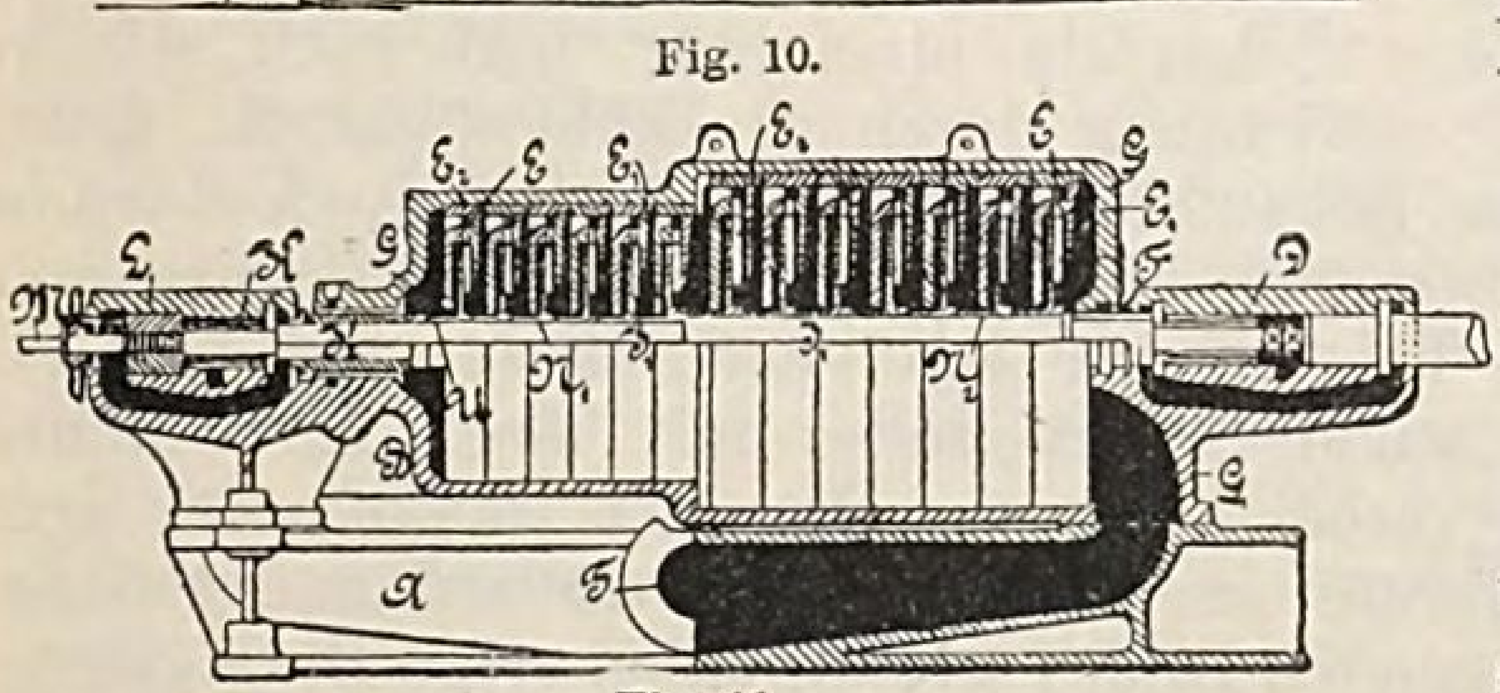


Fig. 11.



Als Hauptvertreterin der Dampfturbinen der dritten Klasse mit stufenweiser Druckabnahme ist die Dampfturbine von Ch. A. **Parsons** in Victoria Works bei Gateshead on Tyne in England [8] zu nennen. Bei den älteren Turbinen wirkt der Dampf abwechselnd durch Stoss und Reaktion auf die Schaufeln einer grossen Anzahl auf einer Welle hinter einander liegender Schaufelräder, denen er in der Richtung der Welle durch entsprechend geformte Schaufeln festliegender Leiträder zugeleitet wurde. Der Dampfverlust bei dieser Anordnung betrug nach Parsons' eigenen Angaben bei den grösseren Maschinen und einer Spaltweite von rund $^1/_3$ mm zwischen Schaufelrad und Leitrad $20\,^0/_0$. Die Tourenzahlen dieser Maschinen betrugen bis zu 18000 in der Minute und erforderten äusserst komplizirte und sorgfältigst ausgeführte Lager. Bei den neueren Maschinen ist der Dampfweg in den Schaufeln radial und laufen diese Turbinen nur noch mit 4500 Touren in der Minute, wodurch es möglich geworden ist, einfachere Lager zur Führung der Wellen zu benützen. Die neuere Konstruktion ist aus Fig. 10 und 11 zu ersehen.

Auf der in den Lagern D und D_1 geführten Welle F_1 sitzen 2 Reihen von 6 bezw. 7 Laufrädern N_1, bezw. N_2, deren letztere einen grösseren Durchmesser als die ersteren haben. Dieselben tragen an den Stirnflächen Schaufeln, deren Form aus Fig. 11 zu erkennen ist. Durch die an den Leitringen E_1 und E_2 befestigten Schaufeln E strömt der Dampf in die Räder ein. Durch ein über der Turbine sitzendes, von einem Regulator beeinflusstes Drosselventil gelangt der Dampf zunächst in die Vorkammer G und von hier ausserhalb des ersten Ringes E_2 durch die Schaufeln E in das erste Laufrad F, von der Mitte desselben wieder nach dem äusseren Umfange des nächstfolgenden Ringes und durch dessen Leitschaufeln wieder in das nächstfolgende Laufrad F, bis er nach dem Durchströmen aller Räder am rechtsseitigen Ende durch die Kammer G_1 und das Auspuffrohr F entweicht.

Wie sofort ersichtlich, liegt der Hauptnachteil dieser Turbinen in der sehr komplizirten und kostspieligen Konstruktion und der Schwierigkeit der Abdichtung der einzelnen Schaufel- und Leiträder gegen einander und in der nur unvollkommenen Ausnützung der Expansion des Dampfes bezw. der Geschwindigkeit desselben, da die Umfangsgeschwindigkeiten aller 6 kleineren und aller 7 grösseren Räder gleich sind, die Einflussgeschwindigkeiten des Dampfes aber mit abnehmendem Druck geringer werden, daher Stösse und dadurch Arbeitsverluste unvermeidlich sind, zumal alle Schaufel- und Leiträder jeder Gruppe (N_1 und N_2) der billigeren und einfacheren Herstellung wegen gleiche Kanalquerschnitte, gleiche Schaufelzahl und gleiche Ein- und Austrittswinkel haben. Ueber einen eingehenden Versuch, welchen Prof. Ewing an einer mit Dampfüberhitzung und Kondensation arbeitenden Dampfturbine von Parsons 1892 angestellt hat, ist ausführlich in Industries [8] berichtet. Die Leistung der Maschine betrug 400 Ampères bei 250 Volts oder 100 000 : 736 = 135 PS. Die Durchmesser der Turbinenräder waren 15″ (381 mm) und $26^3/_4$″ (678 mm), die Ueberhitzung des Dampfes von 100 Pfd. (∾ 6,8 Atm.) erfolgte von 338° F. (170° C.) auf 400° F. (205° C.). Der Dampfverbrauch betrug hierbei, wenn die Turbine ihre volle Leistung gab, 28,4 Pfd. (12,9 kg) für eine elektrische PS.-Stunde und bei halber Leistung 32 Pfd. (14,515 kg) für dieselbe Einheit. Bei einer Ueberhitzung auf 461° F. (238° C.) fiel der Dampfverbrauch auf 27 Pfd. (12,247 kg) für eine elektrische PS.-Stunde. Im Vergleich zu den oben erwähnten Versuchsergebnissen mit einer de Laval'schen Dampfturbine von 63,7 eff. PS., welche nur 8,95 kg. für eine eff. PS.-Stunde erfordert, ist dieser Dampfverbrauch bei einer mehr als doppelt so grossen Maschine sehr beträchtlich. Bei der halben normalen Leistung, also 67,5 PS., welche der Leistung der de Laval'schen Turbine nahezu entspricht, ist der Dampfverbrauch 14,515 kg, also um fast 62 % des Dampfverbrauchs der de Laval'schen Turbine grösser, welcher Mehrverbrauch bei der unvollkommenen Ausnützung des Dampfes in den Parsons'schen Turbinen nicht zu verwundern ist. In Deutschland haben die Parsons'schen Dampfturbinen kaum Eingang gefunden.

Erwähnenswert sind noch folgende Dampfturbinen älteren und neueren Datums: diejenige von Lilienthal, D. R. P. Nr. 54631, bei welcher das Turbinenrad dadurch in Umdrehung versetzt wird, dass ein freier Dampfstrahl tangential in halbkreisförmige, offene Schaufeln hineinbläst und nach seinem Austritt aus letzteren in umgekehrter Richtung durch gegenüberstehende, feste, ebenfalls offene und halbkreisförmige Schaufeln wiederholt in die Radschaufeln nach der Treibrichtung zu hineingetrieben wird, ferner die Dampfturbine von Seeger, D. R. P. Nr. 70551 [9], bei welcher zwei horizontale, auf parallel neben einander liegenden Axen sitzende Schaufelräder mit ihren am Umfang befindlichen Schaufeln vor einander vorbei laufen, so dass der Dampf nach dem Austritt aus der Düse zunächst durch eine Schaufel des vordern und sodann durch eine Schaufel des dahinter liegenden Rades strömt, dabei seine Bewegungsrichtung zweimal wechselt und demnach beide Räder in entgegengesetzter Richtung umdreht. Hierher gehören endlich noch die Turbinen von Edwards [10], Mac-Elroy [11], Pearsons [12] und Piquet [13], welche indessen alle bisher keine allgemeinere Verbreitung gefunden haben und nicht über das Versuchsstadium hinausgekommen zu sein scheinen.

Litteratur: [1] Engineer, 1894, Bd. 77, S. 272; [1a] Revue industr. 1894, S. 474; [1b] Zeitschr. d. Ver. deutscher Ing. 1895, S. 1189. — [2] Zeuner, Technische Thermodynamik, Leipzig, 1887, Bd. 2, S. 162. — [3] Zeuner, a. a. O., Bd. 2, S. 36, Gl. 34. — [4] Revue industrielle 1894, S. 241 u. ff. — [5] Civilingenieur, 1895, Heft IV, Leipzig. — [6] Zeitschr. d. Ver. deutscher Ing. 1895, S. 1089 u. ff. — [7] Zeitschr. d. Ver. deutscher

Ing. 1894, S. 31, 428, 796; Zeitschrift d. Intern. Verbands d. Dampfkesselrevisionsvereine 1895, S. 25. — [8] D. R. P. Nr. 33066; Zeitschr. d. Ver. deutscher Ing. 1888, S. 136; 1889, S. 606; Engineering 1887, 22. April; dto. Bd. 55, S. 408; Elektr. Rev. 32, S. 520; 33, S. 91; Elektrotechn. Zeitschr. 1893, S. 278; Dingl. Polytechn. Journ. Bd. 289, S. 30; Industries 1892, S. 488 und 502. — [9] Zeitschr. d. Ver. deutscher Ing. 1893, S. 1399; Lumière électrique Bd. 50, S. 31. — [10] Lumière électrique 1892, Bd. 47, S. 31. — [11] Lumière électrique 1895, Bd. 50, S. 620. — [12] Engineering, Bd. 56, S. 126. — [13] Revue industrielle 1895, S. 295. *v. Ihering.*

Dampfverbrauchsziffer, bezeichnet jene Dampfmenge, welche von einer Dampfmaschine für die Arbeitseinheit in einer gegebenen Zeit verbraucht wird. Bei Betriebsdampfmaschinen wird sie auf die Stunde und indizirte Pferdestärke, bei Pumpwerksmaschinen auf dieselbe Einheit oder auf die Pumpenpferdestärke oder auf 1 cbm gehobenen Wassers bezogen. Die Dampfverbrauchsziffer gibt somit einen Massstab für die Güte und wirtschaftliche Seite einer Dampfmaschinenanlage und wird deshalb als Grundlage für die Garantiebedingungen bezüglich der erforderlichen Dampfökonomie benützt. Der Dampfverbrauch einer Dampfmaschine ist abhängig von dem Maschinensystem (Eincylinder oder Compound), von der Dampfwirkung (Auspuff oder Kondensation), von der Eintrittsspannung, vom Expansionsgrad und der Tourenzahl, sowie von der Grösse, der Ausführung und Steuerung der Maschine. Die Dampfverbrauchsziffern schwanken daher innerhalb weiter Grenzen und zwar für die indizirte Pferdestärke und Stunde etwa zwischen 5,5 und 30 kg.

Für die verschiedenen Dampfmaschinenkonstruktionen und Ausführungen bewegen sich die Dampfgarantien etwa zwischen folgenden Dampfverbrauchsziffern:

Kleinmotoren mit freiem Auspuff	25 —30 kg
Grössere Auspuff-Eincylinder oder Zwillingsmaschinen	12 —13,5 „
„ Kondens.-Eincylinder „ „	9 —11,0 „
Compound-Kondensations-Maschinen	6,5— 8,0 „
Dreifach Expansions-Maschinen und Zweifach „ „ mit überhitztem Dampf	5,5— 6,0 „

Schmidts Heissdampfmotoren bei 180—200° Ueberhitzung:

60—100pf. Compound-Dampfmaschine	5,5 bezw. 5,2	kg f. d. Bremspf. u. Std.
20pf. Eincylinder-Auspuffmaschine	8,5—9,0	„ „ „ „ „ „

Wolf'sche Lokomobilen:

10—15pf. Auspuffmaschinen	14,5	kg f. d. Bremspf. u. Std.
20pf. „	13,7	„ „ „ „ „ „
50pf. Compound-Kondens.-Maschinen	8,76	„ „ „ „ „ „
120pf. „ „ „	6,26	„ „ „ „ „ „

Die in Dampfmaschinen-Verträgen geleistete Dampfgarantie bezieht sich in der Regel ausdrücklich auf trockenen Dampf, das ist also auf die dem Kessel zugeführte Speisewassermenge abzüglich des Feuchtigkeitsgehalts, der Leitungskondensation und der Undichtheitsverluste vor der Maschine. Da es nun praktisch überaus schwierig ist, das vom Dampf mitgeführte Wasser vor seinem Eintritt in die Maschine vollständig abzuscheiden, so ist zur Vermeidung nachträglicher Einwände von vornherein eine genaue Vereinbarung darüber zu treffen, ob die Beschaffenheit des von der zu untersuchenden Kesselanlage gelieferten Dampfes hinsichtlich seines Feuchtigkeitsgehaltes für die Erfüllung der Garantiebedingungen als genügend erachtet wird und mit welchen Mitteln und Einrichtungen die Wasserabscheidung vor der Maschine erfolgen soll. *Gutermuth.*

Dampfwärme ist der Mehrbetrag an Energie (s. d.) in der Gewichtseinheit Dampf ohne Flüssigkeitsbeimischung gegenüber deren Wert in der Gewichtseinheit Flüssigkeit unter gleichem Drucke bei 0° C. Temperatur, gemessen in Wärmeeinheiten (s. Kalorie). Die Dampfwärme ist für gesättigten Dampf $J = q + \varrho$, für überhitzten Dampf, wenn c_p die mittlere spezifische Wärme bei dem betr. Drucke während der Ueberhitzung τ bedeutet, $J = q + \varrho + c_p\,\tau$. Näheres s. Dampf, gesättigter, und Dampf, überhitzter. Der Name Dampfwärme rührt von Zeuner her. Vergl. Zeuner, Technische Thermodynamik, Bd. 2, Leipzig 1890, S. 27, 250. *Weyrauch.*

Dampfwagen, s. v. w. Lokomotive.

Dampfwalzen, s. Strassenwalze.

Dampfwasserableiter, die Einrichtung zu dem Zwecke, das durch die Wasserabscheider (Dampfentwässerungsapparate, Dampftrockner etc.) von dem Betriebsdampfe in Rohrleitungen zugehende sogen. Dampfwasser ununterbrochen und so fortzuführen, dass nicht gleichzeitig durch dieselbe Oeffnung noch benützbarer Dampf mit austritt. Meistens ist der Dampfwasserableiter ein Topf (Kondensationstopf, Kondenstopf), in welchem sich das heisse Wasser bis zu

einer gewissen Grenze ansammelt; wird diese überschritten, so öffnet der Auftrieb oder das Gewicht des Wassers das Ablassventil (wir nennen die D. R. P. Nr. 11989, 14290, 15114, 16849, 21847, 22209, 23513, 25315, 25727, 27154, 31780, 33219, 33373, 35556, 35710, 40743, 41412, 43929, 44560, 45028, 65749); doch gibt es auch Apparate, bei welchen die Verschiedenheit der Ausdehnung von Metallen anlässlich verschiedener Temperaturen benützt wird, um durch die hierbei entstehenden Bewegungen Ventile zu öffnen oder zu schliessen (vergl. D. R. P. Nr. 430, 6234, 10167, 22823, 28634). Das austretende Dampfwasser fliesst entweder in der Höhe des unteren Stutzens vom Kondenstopfe ab oder es wird mit Hilfe der Dampfspannung noch auf entsprechende Höhe über den gedachten Stutzen gehoben und dort zum Ausfluss gebracht.

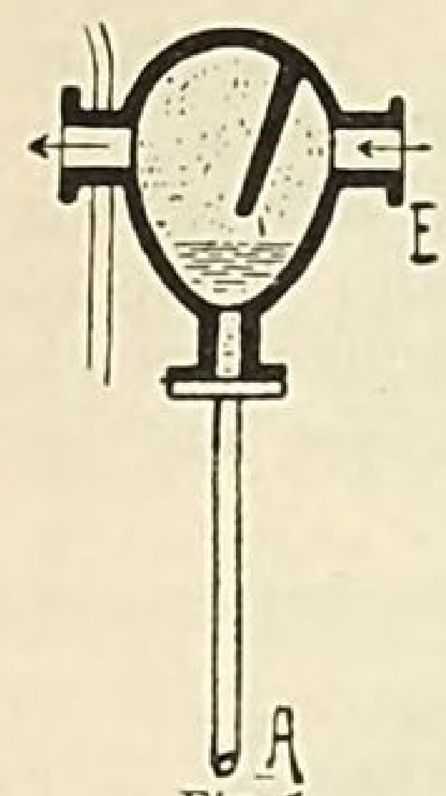


Fig. 1.

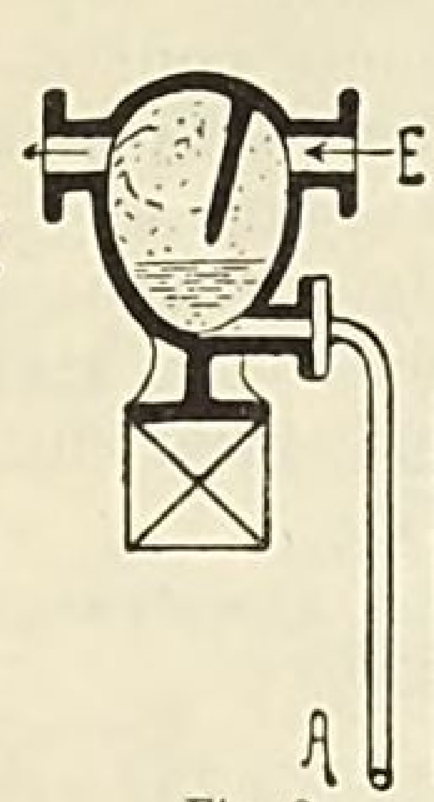


Fig. 2.

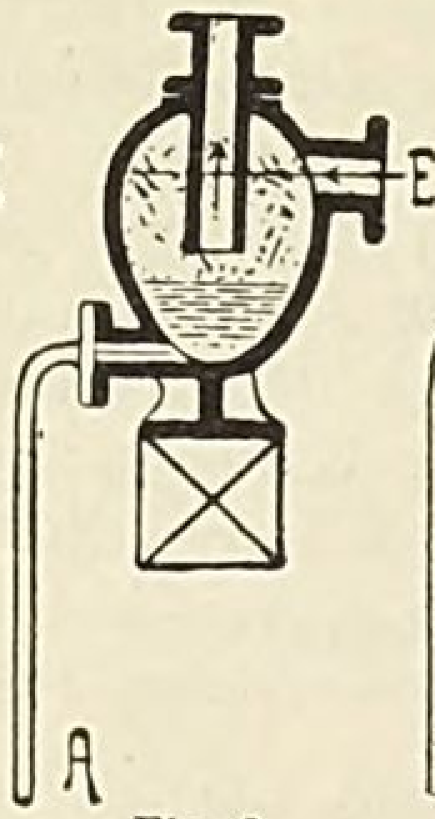


Fig. 3.

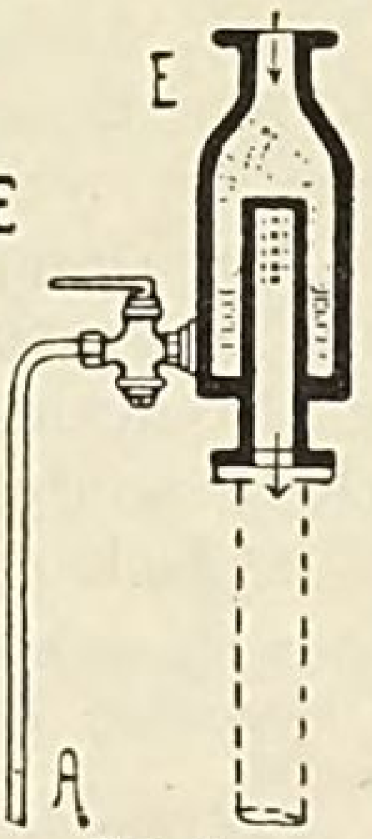


Fig. 4.

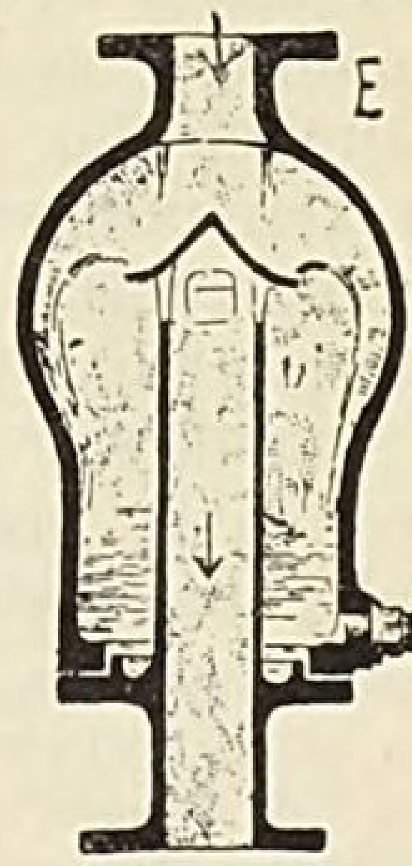


Fig. 5.

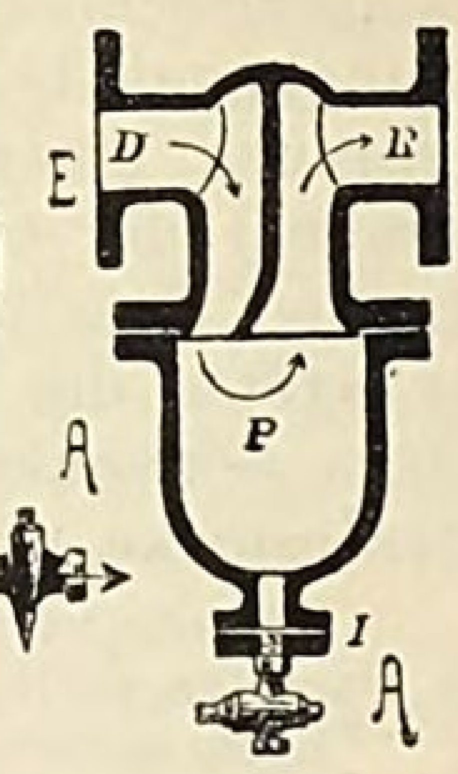


Fig. 6.

Verschiedene Wasserabscheider (Dampftrockner) haben wir in den Fig. 1 bis 6 dargestellt; bei denselben stösst der einströmende Dampf gegen eine, der Strömungsrichtung entgegengesetzte, verschieden gestaltete Fläche und entäussert sich auf derselben des mitgebrachten Wassers, um dann seinen Weg weiter fortzusetzen. Die Anordnungen 1—5 entsprechen jenen der Firma Klein, Schanzlin & Becker in Frankenthal (Pfalz); 6 ist von Dreyer, Rosenkranz & Droop, Hannover. Sie sind ohne weiteres verständlich.

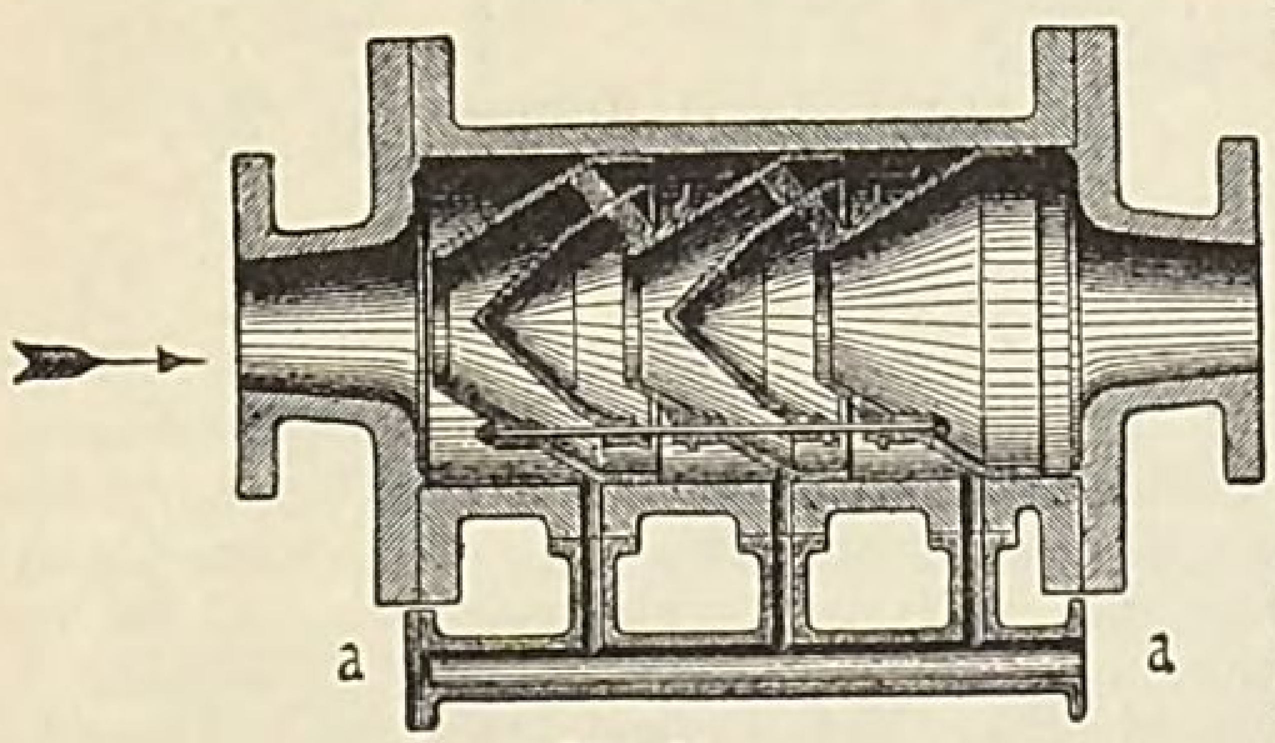


Fig. 7.

— Als eine weitere Konstruktion erwähnen wir das D. R. P. Nr. 11711, nach welchem von Schäfer & Budenberg in Buckau-Magdeburg gebaut wird (Fig. 7). Der in Richtung der Pfeile strömende Dampf bewegt sich abwechselnd durch Ringquerschnitte unter geschlossenen Trichtern und durch kreisförmige Querschnitte, wodurch das Kondensationswasser mittelst Stutzen in das zum Dampfwasserableiter führende Rohr *a* eintritt. Die Fig. 8 u. 9 zeigen Konstruktionen von Dampfwasserableitern (Klein, Schanzlin & Becker). In Fig. 8 ist ein einfacher Schwimmer mit grossem Auslassventil angenommen, das bei steigendem Wasserstand sich öffnet, bei fallendem sich schliesst, so dass der Apparat das bei *E* eintretende Wasser selbstthätig nach *A* abführt; er eignet sich ganz besonders für Wasserdämpfe von 0 bis $1^1/_2$ Atm. Ueberdruck. Für hochgespannte Dämpfe (bis zu 10 Atm.) dient der Apparat Fig. 9 derselben Firma. Das bei *E* eintretende Dampfwasser füllt zunächst den Zwischenraum zwischen dem gusseisernen Topf

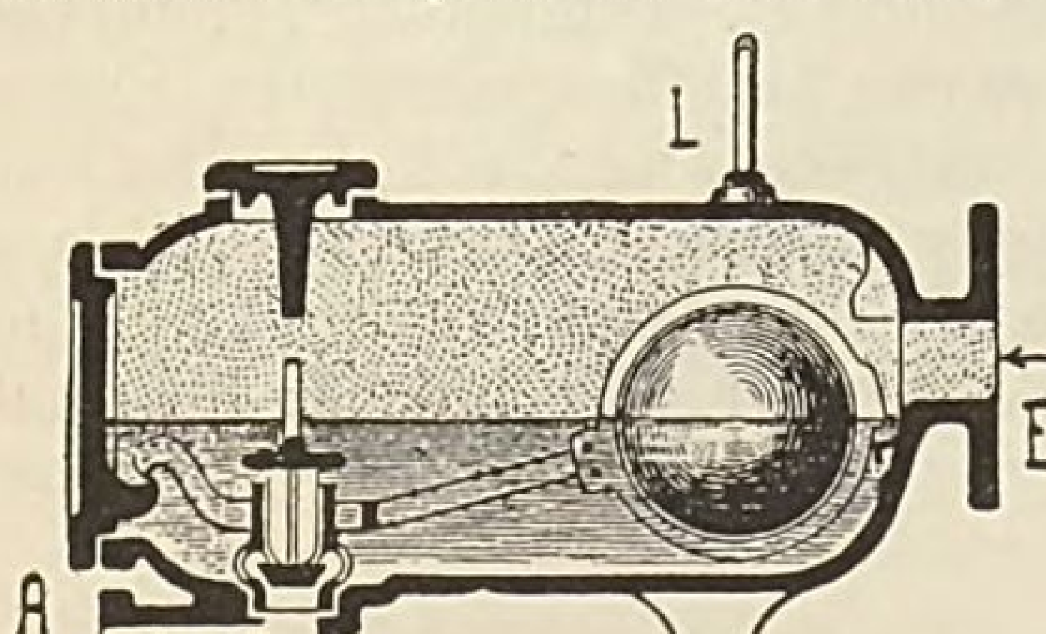


Fig. 8.

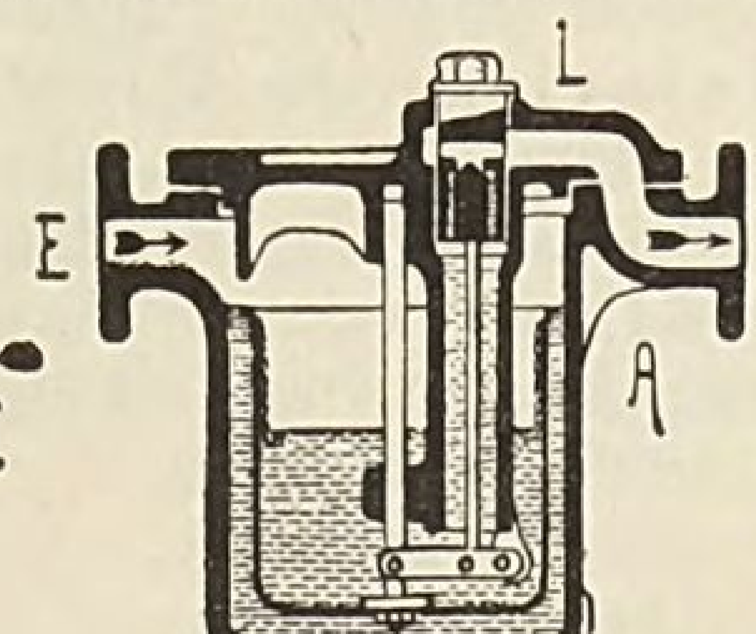


Fig. 9.

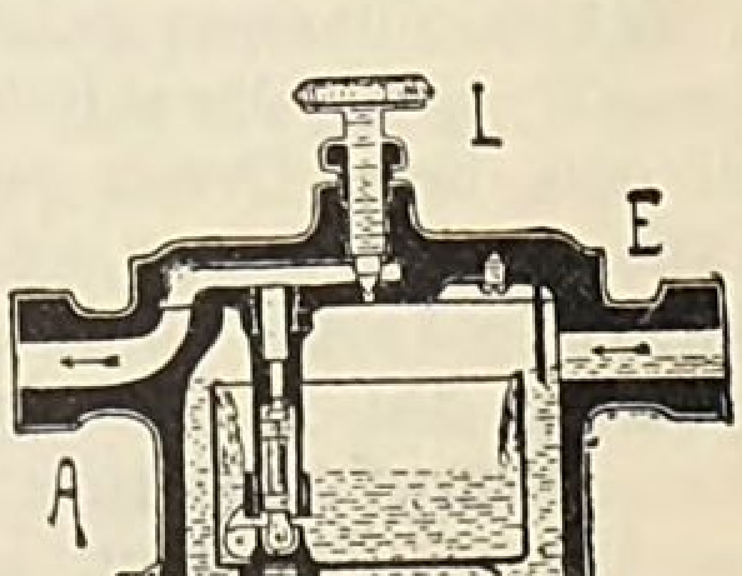


Fig. 10.

und dem in diesem angebrachten Schwimmer; dieser arbeitet mittelst eines Hebels auf das Durchlassventil, das die Wasserausströmung nach *A* regelt. Aus diesem Grunde kann das Durchlassventil grösser genommen werden, wodurch der Dampfwasserableiter kleiner und billiger wird. Bei dem Dampfwasserableiter von Losenhausen, Düsseldorf (D. R. P. Nr. 22209, Fig. 10) schwingt der Schwimmtopf um zwei Zapfen; es ist ebenfalls eine Hebelwirkung auf das Ventil, durch welches Dampfwasser austritt, angewendet und dadurch eine grosse Leistungs-

fähigkeit bei geringen äusseren Dimensionen erreicht (der Dampfwasserableiter heisst „Liliput"). Bei Fig. 9 und 10 beginnt die Oeffnung des Abflussventiles, sobald das Dampfwasser über den Rand des Schwimmers in den letzteren eindringt und denselben senkt. Eine neuere Konstruktion (Bopp & Reuther, Mannheim) zeigt Fig. 11 (D. R. P. Nr. 65 749). Hier strömt das Dampfabwasser bei *m* zu und gelangt nach Passiren eines Siebes durch Oeffnungen *a* in den Raum *H* und aus diesem nach dem Schwimmer *S*, dessen Gewicht samt Wasserinhalt durch ein bei *Z* angebrachtes Gegengewicht *g* entlastet wird. Läuft der Schwimmer über, so füllt sich der Raum zwischen dem Topfe und dem Schwimmer mit Wasser, der Schwimmer steigt, geführt durch die Stange *F* und die Ventile entlassen das Wasser nach dem Abflussrohre *n*. Auch diese Einrichtung ist für hochgespannte Dämpfe im Gebrauch; an allen sub Fig. 8 bis 11 dargestellten Apparaten sind Luftablässe *L* angebracht. Zu den Apparaten, welche das Oeffnen und Schliessen vermöge der Wärme durch Dehnungswirkungen erreichen, gehört der in Fig. 12 dargestellte (Dreyer, Rosenkranz & Droop, Hannover). Das Dampfwasser gelangt bei *E* in ein oben und unten offenes Messingrohr *M*, unter welchem ein Ventilkegel *V* angebracht ist, welcher auf den mit Rotguss vorgeschuhten Rändern des Messingrohres abdichtet. Befindet sich Dampf im Rohr *M*, so wird dasselbe vermöge der grösseren Wärme länger: das Ventil *v* schliesst. Sammelt sich Dampfwasser in *M*, so wird das Rohr abgekühlt; der Dampf treibt dann durch das sich öffnende Ventil das Dampfwasser bei *A* aus. Die Länge *L* schwankt zwischen 500 und 700 mm; das Handrad *H* dient zum genauen Einstellen des Ventilsitzes. Schäfer & Walker, Berlin, verwenden den in Fig. 13 dargestellten Apparat („Automat" genannt),

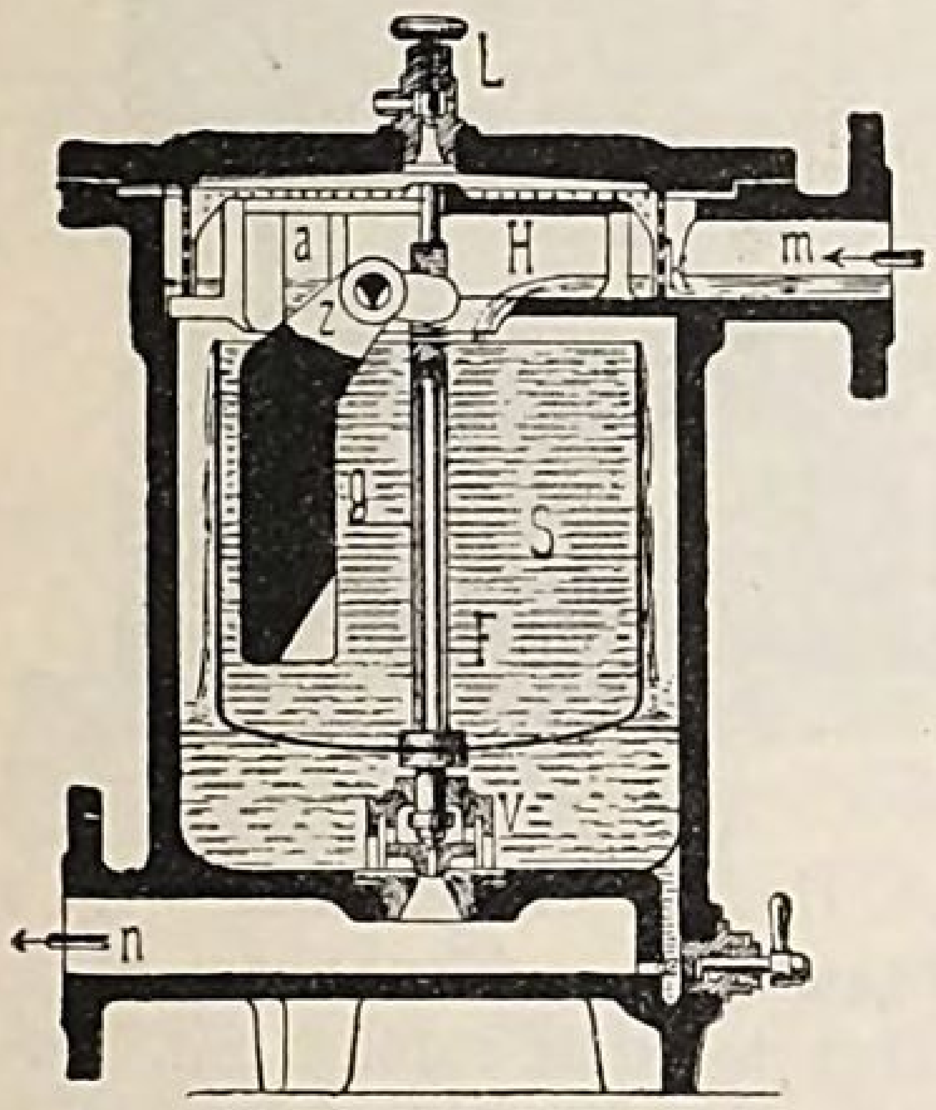


Fig. 11.

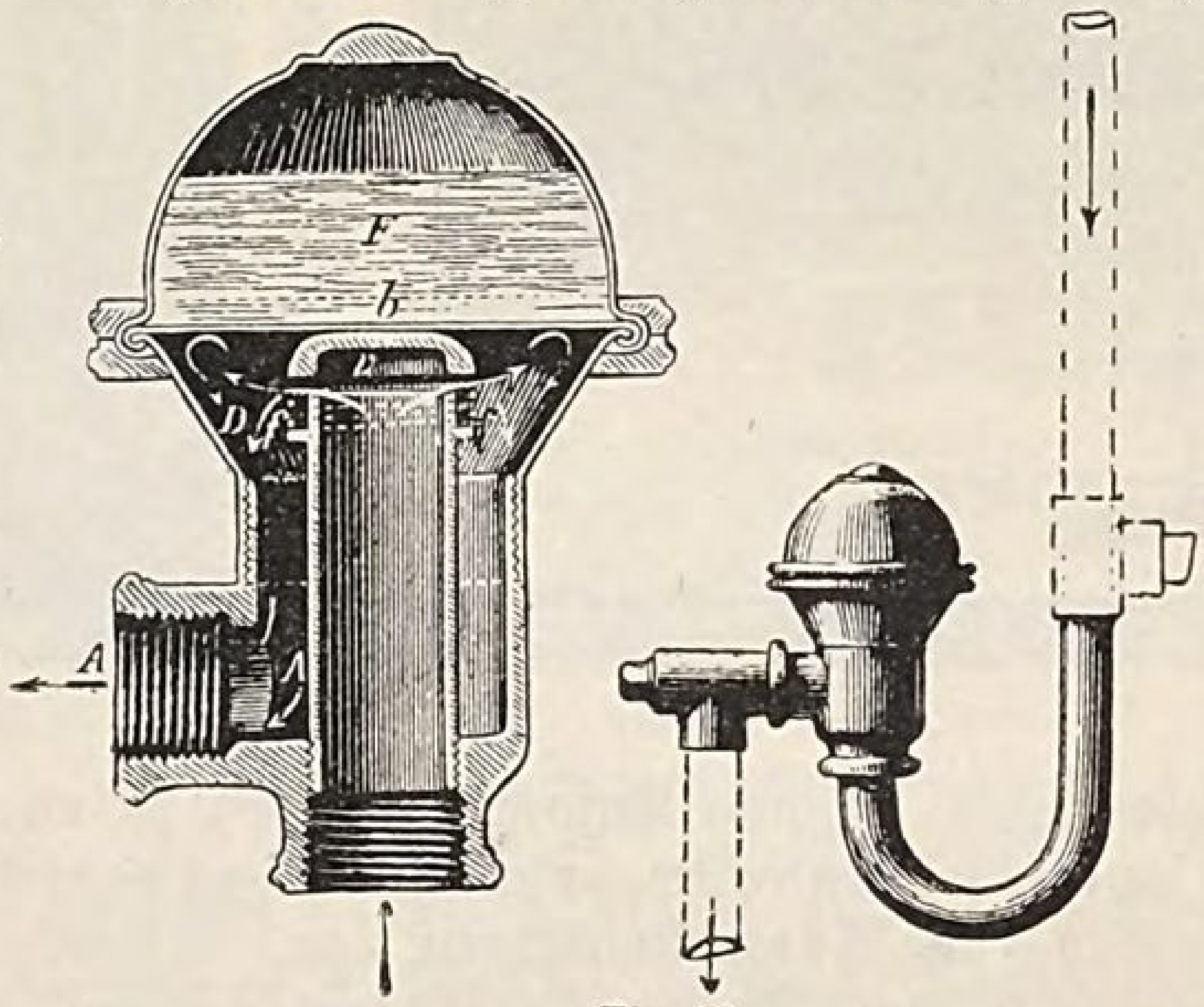


Fig. 13.

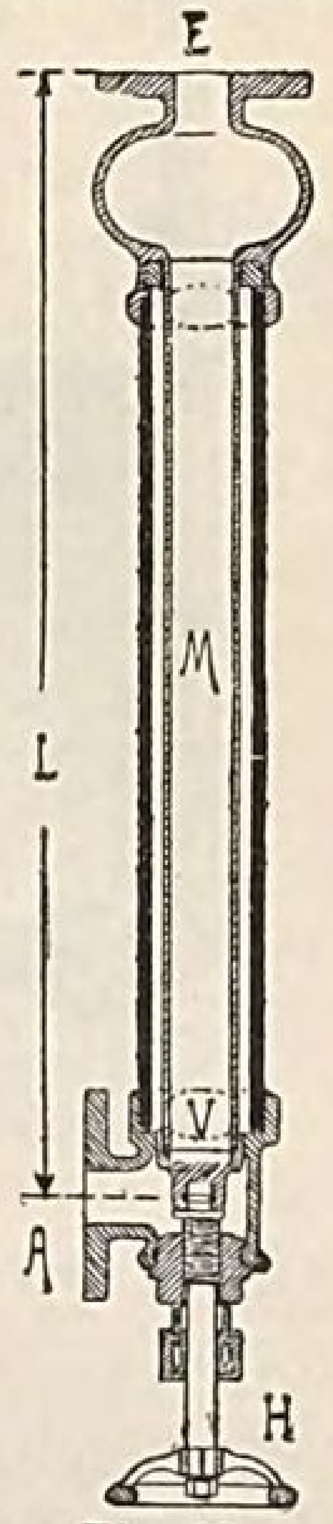


Fig. 12.

welcher in *F* eine Flüssigkeit enthält, die durch grössere oder geringere Erwärmung der Metallmembrane *b* mehr oder weniger ausgedehnt wird. Lässt die Ausdehnung nach, d. h. befindet sich kein Dampf, sondern kühleres Dampfwasser vor der Membrane, so hebt sich das Ventil *v*, das Wasser entweicht durch *f* nach *D* bezw. dem Auslaufe *A*, bis nachkommender warmer Dampf wieder grössere Ausdehnung in *F* bewirkt, wodurch sich das Ventil *v* schliesst. Der Apparat arbeitet bei 1/2 bis 5 Atm. Ueberdruck.

Es bestehen unzählige Einrichtungen, welche den soeben beschriebenen ähnlich sind, die sich im wesentlichen durch mehr oder weniger grosse Dauerhaftigkeit, sicheres, stossfreies, geräuschloses Arbeiten oder das Gegenteil, sowie mehr oder weniger grosse Dampfverluste beim Entweichen des Dampfwassers unterscheiden. Dienen die Apparate zum Trocknen des Dampfes für Maschinen, so muss der Dampfwasserableiter hauptsächlich rasch und sicher das Wasser entfernen, und es liegt in der Regel nicht viel daran, wenn mit dem Wasser auch etwas Dampf entweicht. Entwässert man dagegen den Dampf aus Rohrleitungen von Heizungsanlagen, so darf möglichst wenig Wärme verloren gehen; für diesen Fall sind also die Dampfwasserableiter gross und so zu wählen, dass kein Dampf mit dem Dampfwasser entweicht und das Wasser nicht zu heiss abfliesst. Auf diese Umstände ist bei der Auswahl der Konstruktion besonders zu achten; der Preis allein sollte nicht entscheidend sein, der im allgemeinen mit der Grösse der Apparate zunimmt.

Litteratur: S. das Inhaltsverzeichnis der Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. Jahrg. 1884 bis 1893; Stichwort: Dampfwasserableiter, Berlin 1895. Ferner sind nachzusehen die Kataloge der Armaturfabriken, z. B. Dehne, Halle a. S.; Körting, Hannover etc. und der im Text genannten Firmen, auf welche auch wegen der Preise und Dimensionen verwiesen wird. Zu vergl. die Patentschriften.

Dampfwasseranwärmer bewirkt, dass der in Wasser einströmende Dampfstrahl sofort mit immer neuen Wasserteilen in innigste Berührung gelangt,

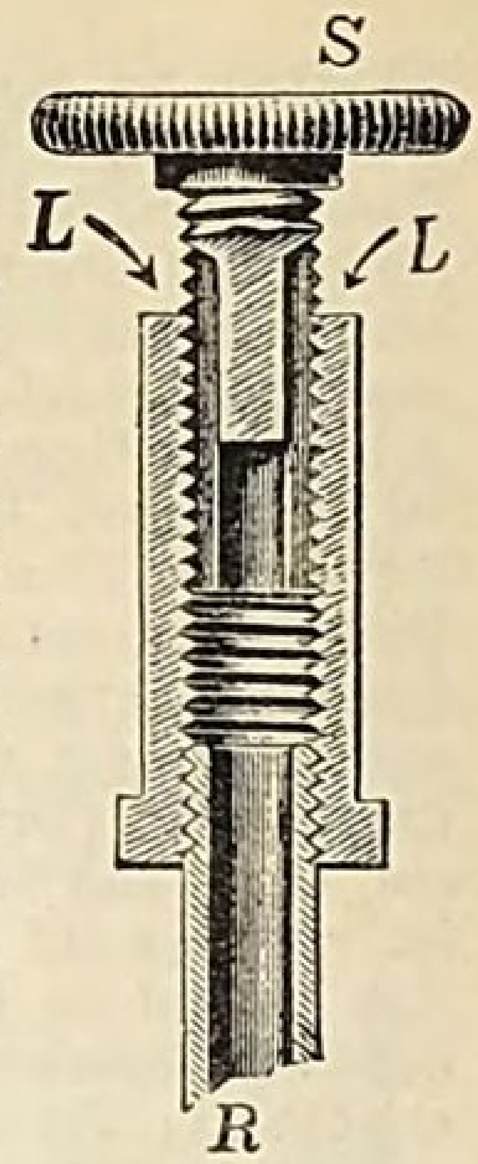


Fig. 1.

wobei durch die entstehende gleichmässige Kondensation des Dampfes in dem Wasser das sonst so sehr lästige, laute knatternde Geräusch fast vollkommen beseitigt wird. Um auch den letzten Rest des Geräusches fortzuschaffen, welches sich namentlich dann noch zeigte, wenn die Flüssigkeit den Siedepunkt nahezu erreicht hatte, wird bei den verbesserten Wasseranwärmern von Körting, Hannover, dem Dampfstrahle ein kleines Quantum atmosphärischer Luft zugemengt; hierdurch wird „eine geräuschlose Anwärmung bis hinauf zur Siedehitze auf das vollkommenste erreicht“. Diese Luft wird auf der in Fig. 1 mit L bezeichneten Stelle in den Apparat eingeführt und mischt sich mit dem Dampfstrahle, mit dem sie dann zusammen den Apparat durchströmt. Die Menge der Luft wird mit Hilfe der Luftschraube, die sich am Ende

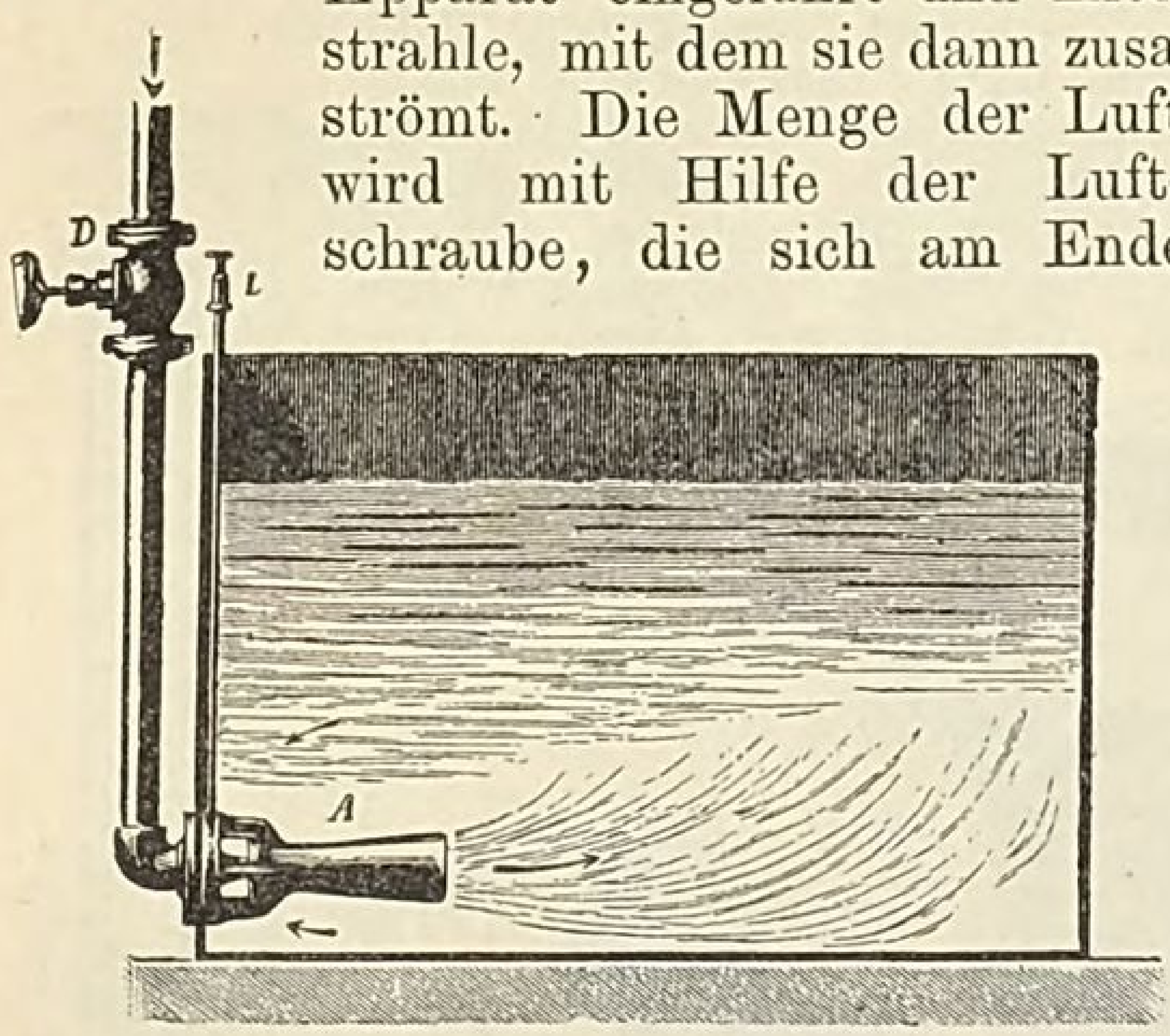


Fig. 2.

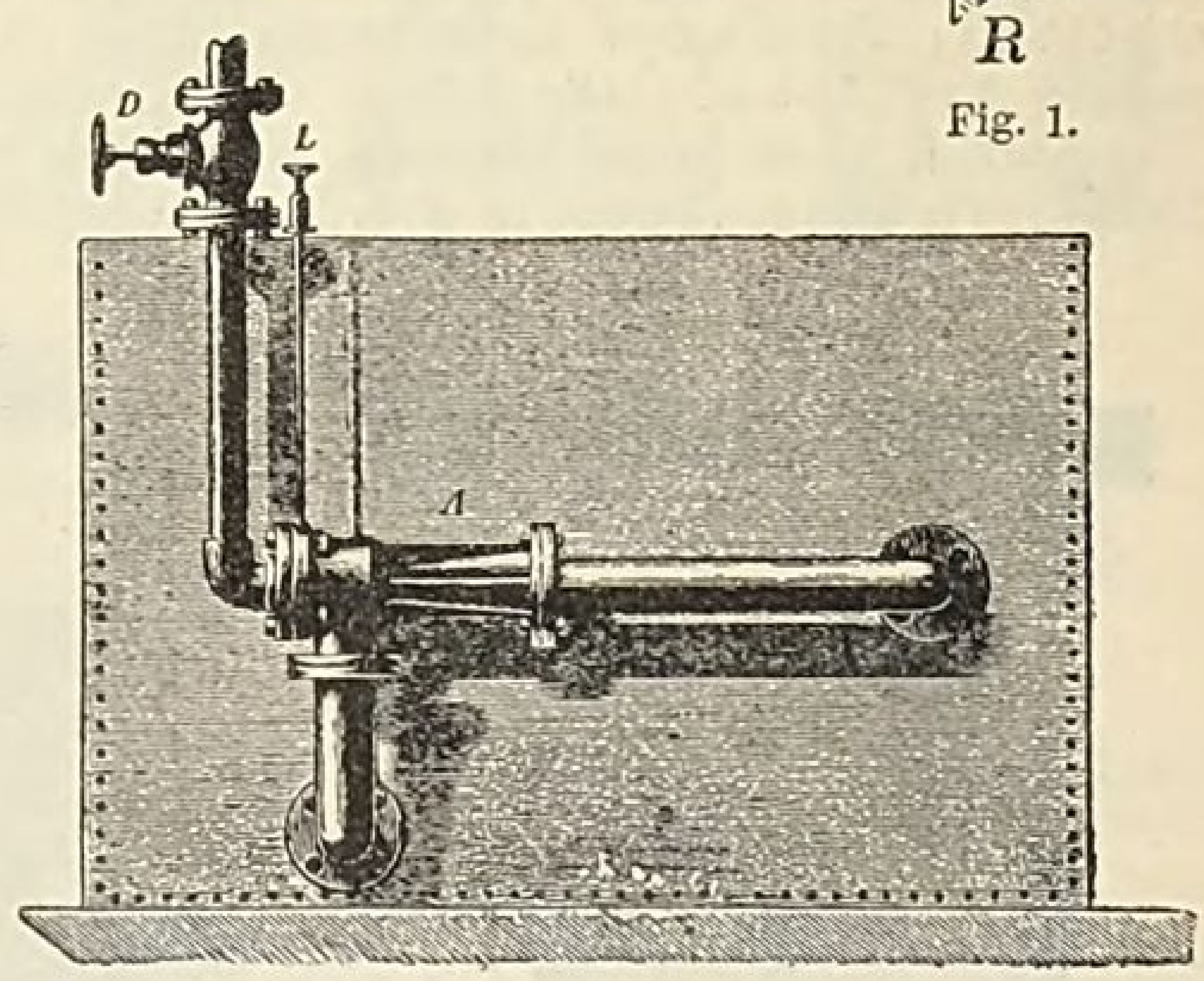


Fig. 3.

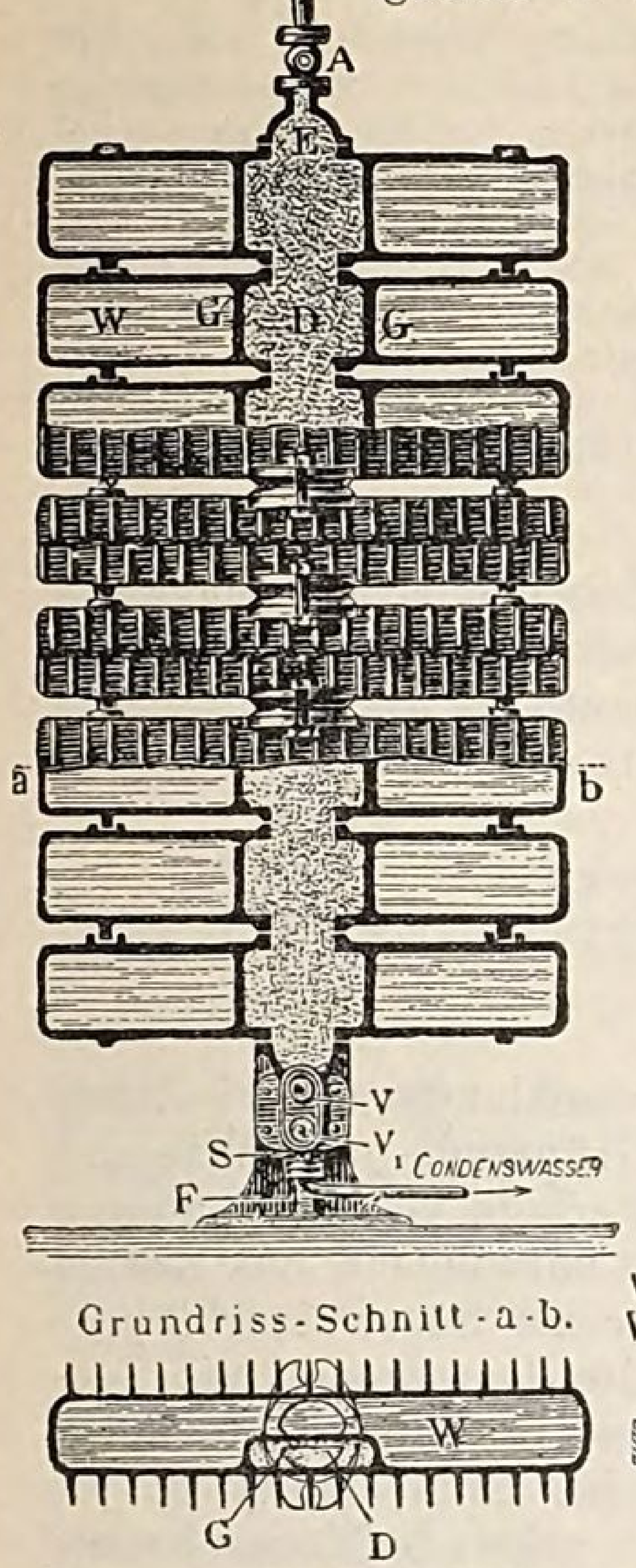
des in L befestigten dünnen Rohres befindet, je nach Bedarf eingestellt. Fig. 2 stellt einen Dampfwasseranwärmer mit Flantsch zum Befestigen an der inneren Seite der Blechplatten von Wasserbehältern dar. Ausserdem werden solche mit Verschraubung (zum Hineinhängen in Wasserbehälter, wo eine Durchbrechung der Seitenwand nicht statthaft ist) und solche mit Mantel zum seitlichen äusseren Anbringen an Wasserbehältern, wie in Fig. 3 ersichtlich, gebaut. Aus folgender Tabelle sind Dimensionen und Preise der Dampfwasseranwärmer ersichtlich.

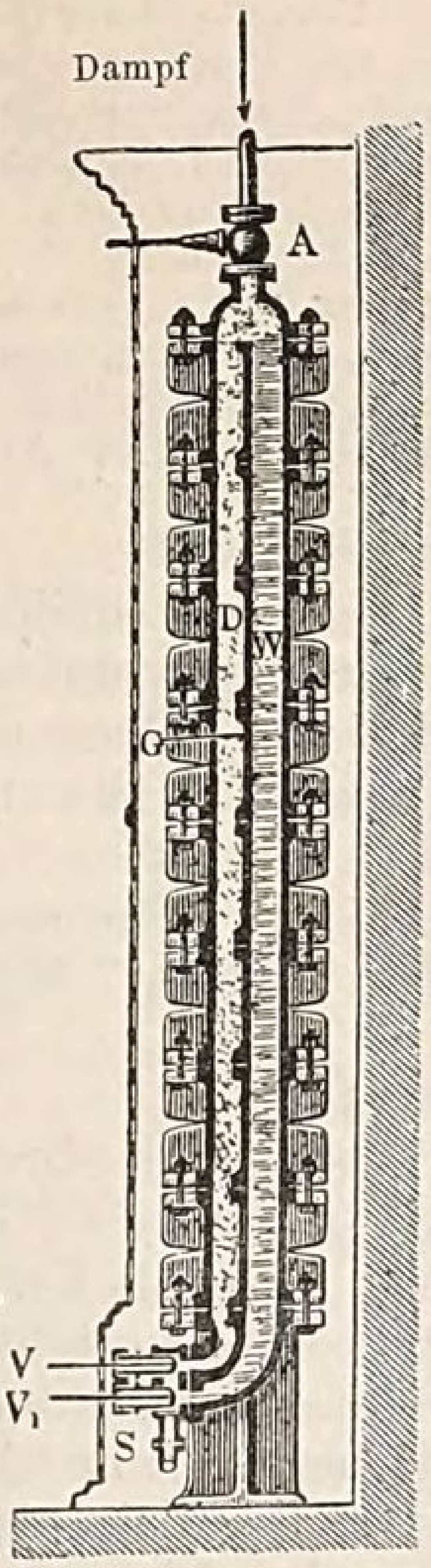
Nr.	Anzahl der Wärmeeinheiten, welche bei 3 Atm. Dampfdruck in der Stunde abgegeben werden	Geringste Weite des Dampfrohres mm	Weite der Wasserrohre der Klasse B-Apparate mm	Preise der Apparate: Klasse A mit Flantsch Eisenkörper mit Rotgussdüse M.	Preise der Apparate: Gusseiserner Gegenflantsch mit Gasgewinde nebst Schrauben M.	Preise der Apparate: Klassse A mit Gewindeanschluss Eisenkörper mit Rotgussdüse M.	Preise der Apparate: Klassse A mit Gewindeanschluss Körper u. Düsen ganz Metall M.	Preise der Apparate: Klasse B mit Mantel Eisenkörper mit Rotgussdüse M.	Preise der Apparate: Klasse B Ein Satz gusseisernerGegenflantschen und Schrauben dazu M.	Preis der Dampfventile. Eisenkörper mit Metallgarnirung u. Delta-Metallspindel M.
1	50000 W. E.	10	40	20	1.50	20	20	30	5.—	6.—
2	100000 „ „	13	50	25	2.25	25	30	40	6.—	7.50
3	200000 „ „	19	70	30	3.—	30	35	50	7.50	9.—
4	300000 „ „	25	90	35	3.50	35	40	60	8.50	11.50
5	500000 „ „	30	120	40	4.—	40	50	80	10.—	15.—

Bei höherem Dampfdrucke als 3 Atm. steigt die Leistungsfähigkeit der Apparate, bei niedrigerem sinkt sie, bei Abdampf auf ungefähr $^1/_4$ der angegebenen Leistung. Wenn sehr lange Dampfrohrleitungen nötig werden, so ist es zweckmässig, die Rohre weiter zu nehmen, weil durch den Widerstand an den Rohrwandungen der Druck des Dampfes bis zum Apparate verringert wird.

Dampfwasserheber, s. Strahlapparate.

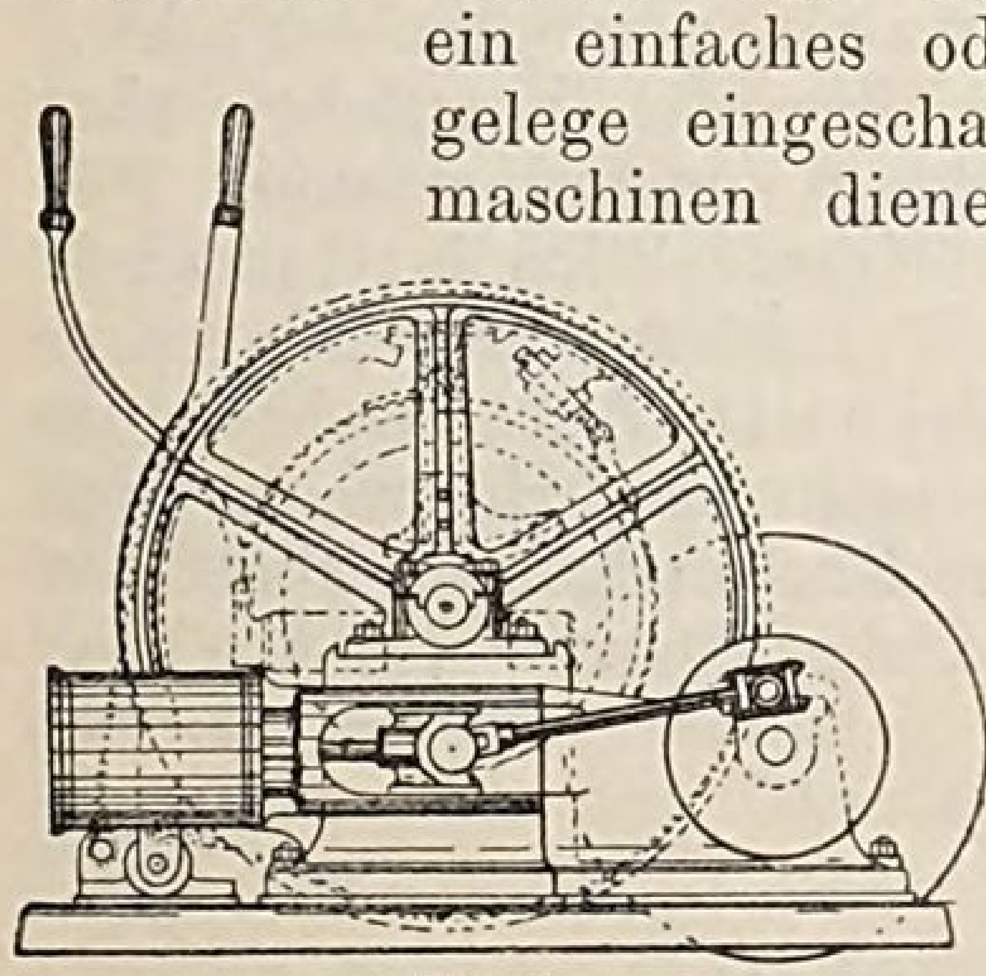
Dampfwasseröfen, die sowohl für Dampfheizung als auch für Dampfwasserheizung eingestellt werden können, sind in nachstehender Figur dargestellt (Konstruktion d. Eisenwerks Kaiserslautern). Dieselben sind im Innern

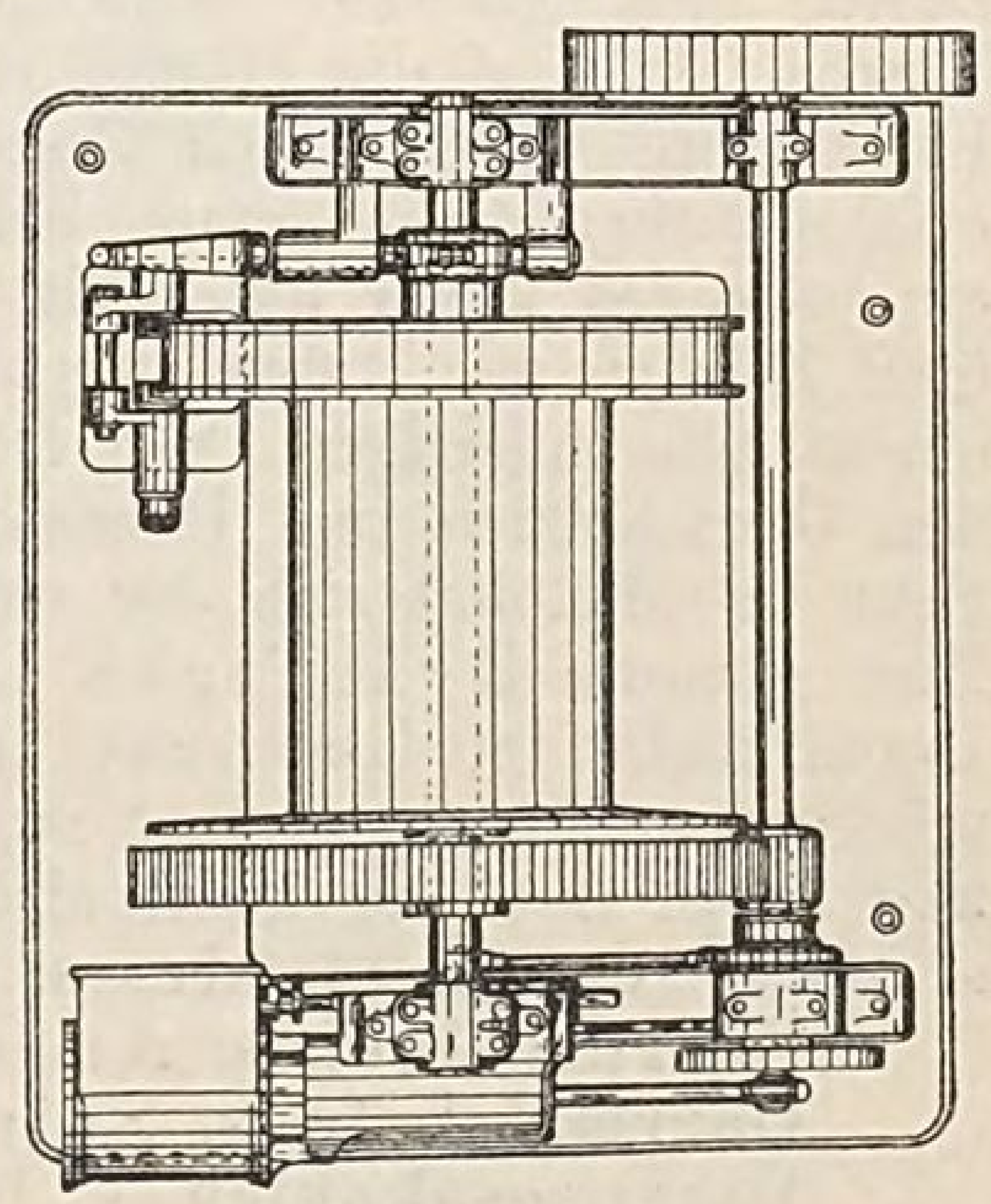




durch die eingegossene Wand *G* in zwei Kammern geteilt, die grosse *W* für Wasser und die kleine Kammer *D* für Dampf. Die Oberfläche der Wand *G* ist die Heizfläche zur Erwärmung des Wassers in *W* und wird in der Regel diese Oberfläche so gross gewählt, dass Wasser von 8° C. in 20—30 Minuten bis nahe zur Dampftemperatur erwärmt wird. Der Dampfzutritt wird durch ein Dampfventil *A* regulirt, während der Abfluss des Kondenswassers aus *D* und *W* getrennt erfolgt und durch ein Doppelventil, bestehend aus den einfachen Ventilen *V* und V^1 mit dem gemeinschaftlichen Abflussstutzen *S* abgesperrt werden kann. Sind bei offenem Dampfventil *A* auch die Ventile *V* und V^1 offen, so arbeitet der Ofen als Dampfofen; schliesst man Ventil V^1, so füllt sich der Ofen nach und nach (innerhalb 2—3 Stunden) mit Kondensationswasser an, welches durch den Dampf im Kanal *D* warm gehalten wird. Der Ofen ist jetzt Dampfwasserofen geworden mit geringerem Dampfverbrauch und milderer Wärmeausstrahlung. Bei abgestelltem Dampfventil *A* kann man die Räume noch einige Stunden warm erhalten, da die in dem Wasser aufgespeicherte Wärme noch längere Zeit anhält und nachwirkt. Durch diese Wärmeaufspeicherung ist ausserdem eine exakte Regulirung der Wärme je nach Bedürfnis ermöglicht, welche einem Dampfofen vollständig mangelt. Durch Oeffnen des Ventils V^1 fliesst sämtliches Wasser aus dem Ofen ab und derselbe funktionirt dann wieder als Dampfofen. Die Oefen können durch Aufsetzen oder Abnehmen einzelner Heizelemente leicht vergrössert oder verkleinert werden. Körting, Hannover, (vergl. dessen Katalog dd. 1893, S. 170) stellt diese Oefen aus Batterieelementen mit rechteckigem Querschnitte her, wobei ein weites Kupferrohr und ein enges Dampfrohr fest verbunden sind. Durch das letztere strömt der Dampf zu, welcher an den Wandungen des Kupferrohres seine Wärme an das Wasser, mit welchem der Ofen gefüllt ist, abgibt. Die Dampfwasseröfen geben eine sehr behagliche Wärme.

Dampfwinden sind Windwerke, welche durch Dampfmaschinen angetrieben werden. — Zwischen Kurbel- und Trommelaxe ist stets ein einfaches oder mehrfaches Vorgelege eingeschaltet. Als Antriebsmaschinen dienen meist Zwillings-, selten Eincylinderdampfmaschinen mit hoher Umdrehungszahl und mit Umsteuerung. — Das Windwerk ist stets noch mit einer Band- oder Backenbremse zum Stillhalten oder Niederlassen der


Fig. 1.


Fig. 1 a.

Last versehen, die von Hand oder mit dem Fusse bethätigt wird. Die Dampfmaschine lässt sich horizontal, geneigt oder vertikal stehend anordnen.

Die Dampfwinden finden Anwendung zum Heben grosser Lasten überhaupt, besonders auf Bauplätzen, als Aufzugsmaschinen zum Heben von Personen und Lasten, im Zusammenhang mit Kranen für grosse Lasten, wie Scheren-, Bock-, Hafenkrane, ferner für Eisenbahnzwecke, in Hafen und Docks, in Lagerhäusern, zu Bergwerkszwecken, in Steinbrüchen, für Seilförderungen u. dergl. — Vorstehende Fig. 1 u. 1a zeigen eine Dampfwinde für grössere Lasten mit einfachem Stirnrädervorgelege für Bergwerkszwecke oder für Lasthebung. — An Bord der Handelsschiffe dient die Dampfwinde zum Laden und Löschen von Gütern sowie zum Verholen, bei Kriegsschiffen zum Ein- und Aussetzen schwerer Boote, zum Munitionstransport u. dergl. Es sind meist liegende Zwillingsmaschinen mit Stephenson'scher Coulisse für Vorwärts- und Rückwärtsgang mit Räderübersetzung auf die Windetrommel. Der Abdampf geht meist in einen Wasserbank oder in den Hilfskondensator.

Litteratur: [1] Busley, Die Schiffsmaschine, Kiel 1886.

Dandyroller wird in der Papiermaschine diejenige aus Metallgewebe bestehende cylindrische Walze genannt, welche gewöhnlich, nahe dem Ende der Form gelegen, die Aufgabe hat, Linien, Zeichen, Ornamente in die noch feuchte Papierfaserschichte einzudrücken; s. Papierfabrikation.

Daniell'sches Element, s. Galvanismus.

Daniells Hygrometer, s. Feuchtigkeitsmesser.

D'Arcet'sches Metall (Newton'sches Metall), s. Wismutlegirungen.

Darcy'sche Röhre, s. Strommesser.

Dargmoor, eine in den Küstengegenden Norddeutschlands und Hollands vorkommende Moorbildung, welche zu den Niederungs- (Grünlands- oder Wiesen-) Mooren zu zählen ist und teils oberirdisch, teils als Unterlage von Hochmooren und Marschländereien auftritt. Die Moorsubstanz besteht vorwiegend aus Resten von Phragmites (Dachrohr), woraus auf deren Charakter als Süsswasserbildung zu schliessen ist. Wo gleichwohl eine Ueberlagerung des Dargmoors mit Seeschlick vorkommt, ist dies aus den im Lauf der Zeit nicht selten vorkommenden Aenderungen der Küstenlinie (Vordringen des Meeres ins Binnenland) zu erklären. Die nur wenig zersetzte, eine deutliche Struktur zeigende Moorsubstanz hat eine gelbbraune Färbung; an der Luft wird der Dargmoor allmälich schwarz unter Verlust der Struktur. Seine Verwendung zu Brenntorf wird meistens durch einen hohen Gehalt an Schwefelverbindungen beeinträchtigt. Für die Kultur kommen Dargmoore gleichfalls nur wenig in Betracht. *Drach.*

Darre (Dörre), Vorrichtung zum Trocknen oder schwachen Rösten vegetabilischer Stoffe. — Um den Flachs mit Erfolg gut brechen zu können, muss derselbe gehörig ausgetrocknet sein, was auf verschiedene Arten zu erreichen ist: durch Luft, Sonnen- oder künstliche Erwärmung. Zum Trocknen des Flachses sollte nie eine höhere Wärme als 40° C. angewendet werden, weil der Flachs bei grosser Wärme die Geschmeidigkeit verliert und ist daher die Lufttrocknerei am meisten zu empfehlen. Das Darren oder Dörren geschieht am besten auf hölzernen Gittergestellen, in überdachten, luftigen Räumen; der Flachs wird auf die Holzgitter (Gestelle) gelegt und die Luft möglichst durch Exhaustoren oder durch Zugluft durchgeführt. — Das Darren des Obstes erfolgt entweder in gewöhnlichen Backöfen, in welchen man zu diesem Zwecke ein mässiges Feuer unterhält, oder in Darrstuben, wo um gewöhnliche Stubenöfen Horden von Ruten angebracht werden, oder im Darrhaus, in welchem über einem ganz niedrigen Ofen Darrhorden über Darrstäben angeordnet sind. Für den Grossbetrieb sind Dörrapparate verschiedenster Konstruktion in Gebrauch. Sehr bewährt hat sich der von Ph. Mayfarth & Co. (Frankfurt a. M.) in neuerer Zeit gebaute Ryder'sche Obst- und Gemüsedörrapparat, bei welchem der Dörrschacht im Gegensatz zu den bisherigen Systemen zur Horizontalebene mässig geneigt angeordnet ist, die feuchte Luft ohne Blasvorrichtung abgeführt und durch trockene kontinuirlich ersetzt wird. — Ueber Darren des Malzes s. Malz, des Getreides s. Getreidedarre. *Th. Eug. Schiefner.*

Darrfischerei, s. Angelfischerei.

Darrmalzhefe, s. Spiritusfabrikation.

Darrpresskohlen, s. Brikettiren, Bd. 2, S. 692.

Darstellende Geometrie ist einerseits die Wissenschaft, welche Mittel und Wege angibt zur Durchführung raumgeometrischer Konstruktionen, andererseits die konstruktive Erforschung der geometrischen Eigenschaften der Raumgebilde und deren Beziehungen zu einander zum Ziele hat. Sie zerfällt in zwei Hauptteile, nämlich in die Lehre von den Methoden der graphischen Darstellung der Raumgebilde und in die eigentliche Raumgeometrie. Das Mittel zur graphischen Darstellung eines räumlichen Objektes bietet dessen Projektion auf eine oder mehrere Ebenen. Man unterscheidet eine Reihe von Projektionsmethoden, von welchen die folgenden die wichtigsten sind: 1. Die Zentralprojektion, ein Punkt im Raume, das Projektionszentrum, wird mit sämtlichen Punkten des räumlichen Gegenstandes durch gerade Linien, Projektionsstrahlen, verbunden und deren Schnittpunkte mit der Zeichnungsebene (Projektionsebene) bestimmt. Die Gesamtheit aller dieser Schnittpunkte bildet die Zentralprojektion des räumlichen Objektes. 2. Die Parallelprojektion, die Projektionsstrahlen sind sämtlich zu einander parallel und stehen entweder rechtwinkelig oder schiefwinkelig zur Projektionsebene; im ersten Falle hat man die rechtwinkelige, im zweiten die schiefwinkelige Parallelprojektion; s. a. Projektion und Projektionslehre.

Litteratur: Monge, Leçons de géométrie descriptive. Paris 1795, erstes wissenschaftliches Werk über darstellende Geometrie, als deren Begründer Monge, Professor an der polytechnischen Schule zu Paris, gilt. — Leroy, Traité de géométrie descriptive, deutsch von Kauffmann. — De la Gournerie, Traité de géométrie descriptive, Paris 1885. — Mannheim, Cours de géométrie descriptive, Paris 1880. — Guido Schreiber, Lehrbuch der darstellenden Geometrie, nach Monge, Géométrie descriptive, Karlsruhe 1829. — Gugler, Lehrbuch der beschreibenden Geometrie, Stuttgart 1880. — Klingenfeld bezw. Marx, Lehrbuch der darst. Geometrie, Nürnberg 1874 u. 1885. — Pohlke, Darstellende Geometrie, Berlin 1860—1876. — Fiedler, Die Methode der darstellenden Geometrie und die Elemente der projektiven Geometrie, Leipzig 1888. — Wiener, Lehrbuch der darstellenden Geometrie, Leipzig 1884. — Peschka, Darstellende und projektive Geometrie, Wien 1883. — Vonderlinn, Lehrbuch des Projektionszeichnens, Stuttgart 1888. *Vonderlinn.*

Dasymeter. Das von A. Siegert und W. Dürr-München konstruirte Dasymeter ermöglicht die fortlaufende Betriebskontrolle von Feuerungsanlagen der verschiedensten Art, indem es den jeweiligen Kohlensäuregehalt der Abgase anzeigt und so einen Schluss auf den vorhandenen Luftüberschuss bezw. auf den dadurch bedingten Wärmeverlust zu ziehen gestattet. — Der Apparat besteht im wesentlichen aus einer in einen Glaskasten eingeschlossenen Wage, deren einer Balken eine mit atmosphärischer Luft gefüllte Glaskugel *o* (Fig. 1) trägt, während an dem andern ein entsprechendes Gegengewicht nebst Kompensationsvorrichtung *m*, *n* befestigt ist. Die letztere hat den Zweck, den störenden Einfluss der Schwankungen der Temperatur und des Barometerstands auf die Dichte der den Kasten passirenden Gase durch eine entsprechende Verschiebung des Schwerpunkts der Wage auszugleichen. Die beiden an dem Kasten angebrachten Oeffnungen stehen durch die Rohrleitungen *e* und *h* einerseits mit dem Schornstein, andererseits mit dem Fuchskanal der Feuerung in Verbindung. Die Abgase werden mit Hilfe der Strahlpumpe *s* durch das Rohr *e* angesaugt und durchströmen, nachdem sie behufs Reinigung von Russ und Flugasche die mit Baumwolle präparirten Filter *b* und *d* passirt haben, den Kasten, in welchem sich die Wage befindet, worauf sie

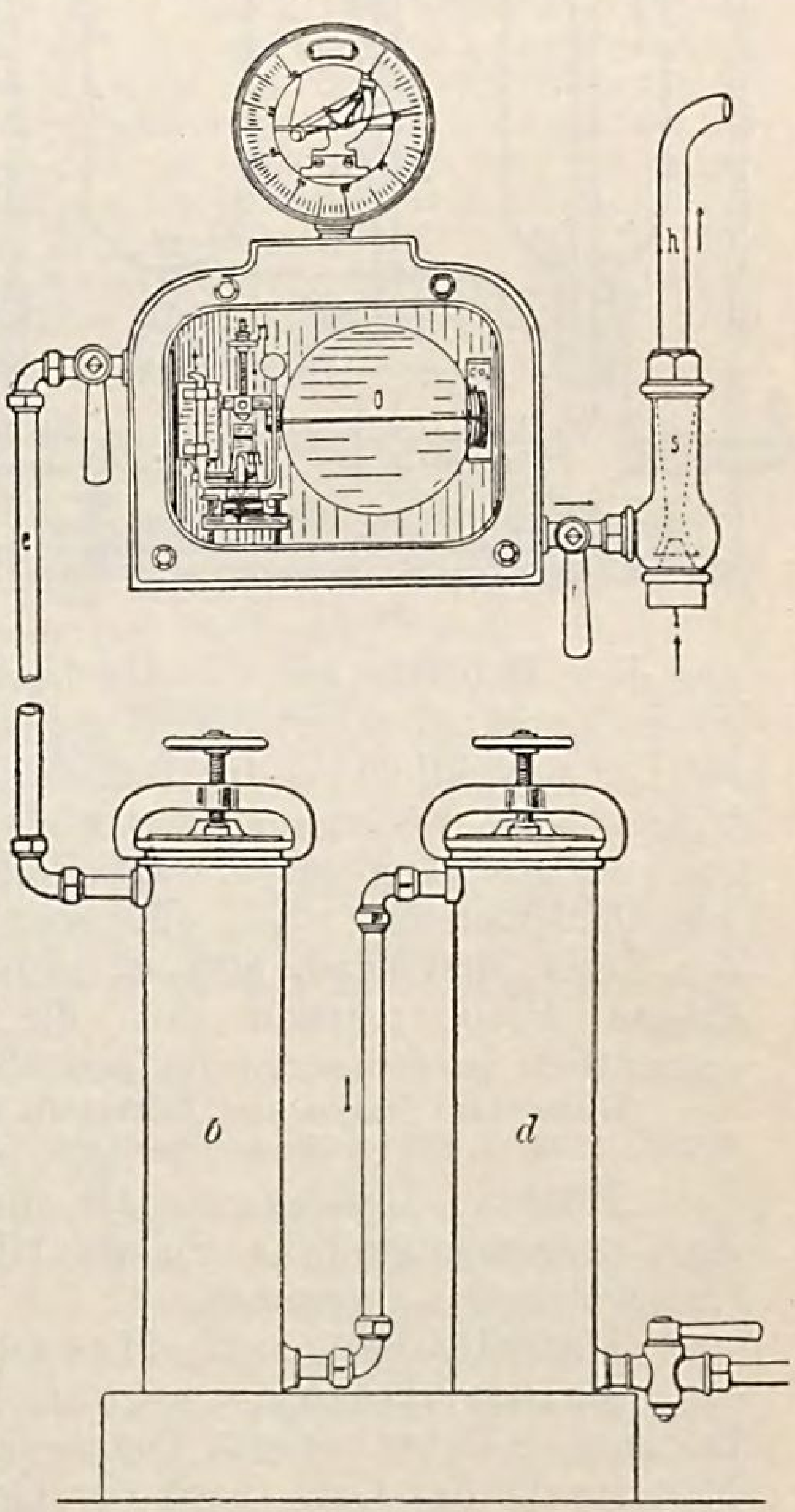


Fig. 1.

durch Rohr *h* in den Schornstein gelangen. Falls die Luft im Kasten kohlensäurefrei ist, spielt der Zeiger der Wage auf 0 der Skala ein; erhöht sich jedoch das spez. Gew. der Luft infolge eines Gehalts an Kohlensäure, so erleidet die Glaskugel einen dem Kohlensäuregehalt entsprechenden Auftrieb und ist die Graduirung der Skala derart getroffen, dass ein Volumprozent Kohlensäure einem Ausschlag der Zeigerspitze von je einem Teilstrich der Skala entspricht.

Da nun aus der in bekannter Weise zu ermittelnden Temperatur und dem Kohlensäuregehalt der Abgase von Steinkohlenfeuerungen der Wärmeverlust *V* nach der Sigert'schen Formel: $V = 0{,}65 \frac{T-t}{CO_2}$, worin *T* die Temperatur der Abgase, *t* die Temperatur der unter den Rost tretenden Luft und CO_2 den Prozentgehalt an Kohlensäure bezeichnet, berechnet werden kann, so gibt das Dasymeter einen wichtigen Anhaltspunkt zur Beurteilung des jeweiligen Nutzeffekts der Feuerung. In der That hat sich der Apparat namentlich in der Praxis des Dampfkesselbetriebs vielfach Eingang zu verschaffen vermocht und lauten die bislang vorliegenden Urteile sehr günstig, zumal da auch die Heizer den grossen Nutzen desselben bald schätzen lernen.

Mindestens ebenso brauchbar als das Dasymeter hat sich das für den gleichen Zweck bestimmte und auf dem gleichen Prinzip beruhende Oekonometer von M. Arndt-Aachen (D. R. P. Nr. 70 829) erwiesen. Während aber das Gewicht bezw. der Kohlensäuregehalt der Gase im Dasymeter durch den Auftrieb einer an einem Wagbalken befestigten, geschlossenen und mit Luft gefüllten Kugel nach Art der Lux'schen Gaswage bestimmt wird, findet im Oekonometer das Wägen des Gases in einem offenen Gasbehälter *e* (Fig. 2) statt. Die Zu- und Ableitung der Gase in bezw. aus diesem Behälter erfolgt durch das in ihn hineinragende Rohr *f* und den Stutzen *g*, zwischen welchen so viel Zwischenraum vorhanden ist, dass der Hals *d* des Behälters *a* bei der Auf- und Abwärtsbewegung ohne Widerstand spielen kann. Die Gase werden durch den Stutzen *h* des die Wage umschliessenden Kastens, ferner durch den Schlauch q_1 und das Rohr *f* eingesaugt, durchströmen dann den Behälter in den Pfeilrichtungen 1 und 2 und treten, durch Stutzen *g*, Schlauch *p* und Stutzen *i* abgesaugt, in den Richtungen 3 und 4 aus dem Behälter aus.

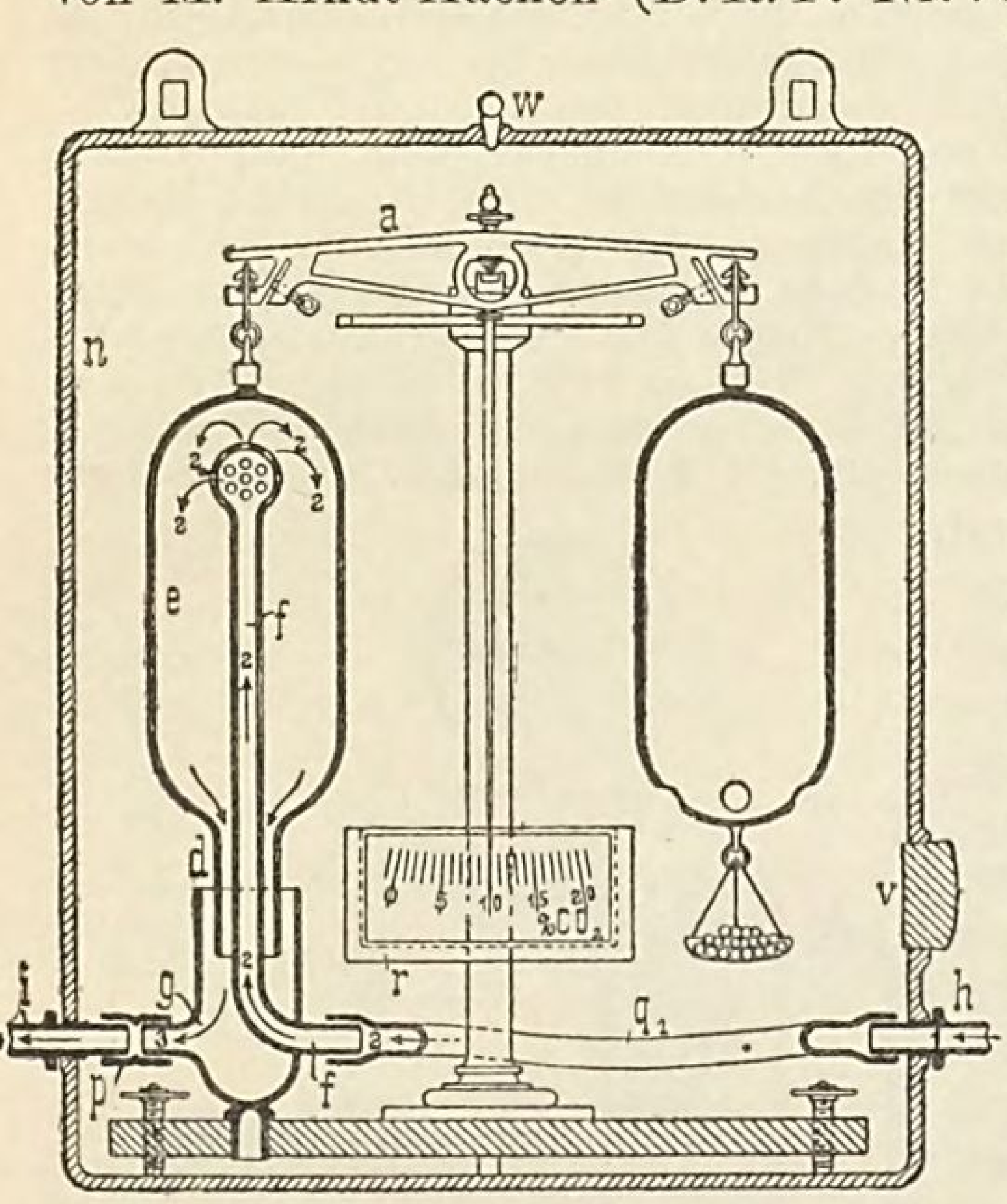


Fig. 2.

— Als besondere Vorzüge des Oekonometers werden die grosse Empfindlichkeit der Wage, das geringe Volumen des Gasbehälters, sowie die Unempfindlichkeit der betreffenden Apparatenteile gegen schwefelige Säure, welche beim Verbrennen schwefelkieshaltender Kohlen als Bestandteil der Abgase auftritt, angegeben. Zweifellos würden beide Vorrichtungen, Dasymeter wie Oekonometer, schon eine weit grössere Verbreitung gefunden haben, wenn der Preis, 500 bezw. 300 *M.*, nicht hindernd im Wege stände. Aber auch zu diesem Preis machen sich die Apparate infolge von Kohlenersparnissen namentlich in grösseren Anlagen binnen kurzer Frist bezahlt.

Litteratur: Dasymeter, Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure 1888, S. 1102, 1891, S. 791, 1892, S. 837; Oekonometer ibid. 1893, S. 801. *Häussermann.*

Dattel, Bezeichnung für die innerste Schicht des Seidencocons, welche eine pergamentähnliche Schale bildet. Aus den Abfällen (Stami) wird das Crescentingarn gesponnen.

Dattelkaffee, s. Kaffeesurrogate.

Datum, Datumwechsel, Datumgrenze. Der bürgerliche Tag eines bestimmten Ortes beginnt, Tages- und Datumwechsel tritt ein zur Zeit der mittlern Mitternacht des Orts (nach der Ortszeit, die neuerdings zum Teil um gewisse Beträge verschoben ist, auf die aber hier nichts ankommt (vergl. die Artikel

Eisenbahnzeit und Zeit). Da nun die mittlere Zeit eines Ortes, der λ Grade in Länge östlich von einem anderen Orte liegt, der mittlern Zeit dieses letzteren um $\lambda \cdot 4$ Minuten voraus ist, so dass man z. B. gleichzeitig mit dem Greenwicher Mittag auf der Ostspitze Neuseelands Mitternacht hat, so muss ein die Erde in der Richtung nach Osten vollständig umfahrendes Schiff irgendwo auf seinem Weg einen Tag doppelt zählen (Wochentag und Datum, z. B. also Donnerstag, 24. Oktober, und am folgenden Tag nochmals Donnerstag, 24. Oktober), wenn es an seinem Ausgangspunkt wieder mit dem daselbst richtigen Wochentag und Datum ankommen will; umfährt das Schiff die Erde nach Westen, so muss, um denselben Zweck zu erreichen, ein Tag ausfallen, übersprungen werden (Donnerstag, 24. Oktober, am nächsten Tag Samstag, 26. Oktober). Wenn das Schiff kein Land berühren würde, so wäre es offenbar ganz gleichgiltig, wo auf seinem Weg es diesen Datumwechsel vornehmen wollte; man ist aber aus dem angedeuteten Grund übereingekommen, eine bestimmte Linie als Datumwende festzusetzen und als solche gilt in der Nautik ganz allgemein der Meridian 180° von Greenwich.

Beim Ueberschreiten dieses Meridians auf freier Fahrt nach Osten oder Westen wird im Schiffsjournal der angegebene Datumwechsel vorgenommen; er teilt den grossen Ozean in einen östlichen Abschnitt, in dem Sonntag . . . ist, und einen westlichen, in dem gleichzeitig Montag . . . gezählt wird. Die Datumgrenze für die Bewohner der Inseln des Stillen Ozeans dagegen spiegelte bis vor 50 Jahren ganz genau die Entdeckungsgeschichte jener Inseln, indem die von Westen (Holländer) oder Osten (Spanier) kommenden europäischen Schiffe eben ihr Datum mitbrachten, von dem an dann weitergezählt wurde [1], so dass die Datumgrenze auf etwa 15° nördl. Breite den scharfen Ausbug nach Westen machte, der die Philippinen, Karolinen u. s. f. ohne Rücksicht auf den Verkehr mit den anderen Sundainseln, mit Japan u. s. f. der östlichen Hälfte des Stillen Ozeans zuwies. Diese Linie, die man irrtümlicherweise noch heute vielfach so abgebildet sieht, hat jedoch nur noch historisches Interesse: auf den Philippinen wurde 1844 das bis dahin vorhandene „östliche Datum“ durch das „westliche“ ersetzt, indem man den Sylvestertag ausfallen, dem 30. Dezember 1844 sogleich den 1. Januar 1845 folgen liess [2] und diesem Beispiel folgten Karolinen, Marianen u. s. f. Auf der andern Seite haben neuerdings die Fiji-Inseln, Tonga-Inseln u. s. f., die östliches Datum hatten, das australische Datum angenommen, auf das sie durch ihren Verkehr angewiesen sind, während die Alëuten, als sie 1867 zur Union kamen, das östliche Datum erhielten; endlich ist auf den Samoa-Inseln 1892 das Datum geändert worden, indem aus Dienstag, 5. Juli 1892, Montag, 4. Juli gemacht wurde. Die historische ist so durch eine wirtschaftliche Datumgrenze, eine Verkehrs-Datumscheide ersetzt, die, im allgemeinen mit dem Meridian 180° von Greenwich zusammenfallend, nur bei der Tschuktschen-Halbinsel (die Linie geht durch die Beringstrasse) und den Alëuten, weiter im Süden bei den Fiji-, Tonga- und Samoa-Inseln, endlich bei den Kermadec- und Chatham-Inseln (bei Neuseeland) etwas davon abweicht [3].

Litteratur: [1] Bekannt ist die Erfahrung der Magalhaes'schen Mannschaft (1522), die, von Spanien gegen Westen ausgefahren, nach Umschiffung des Kaps Hoorn und des Kaps der guten Hoffnung auf den Kap-Verdischen Inseln nach ihrer Zählung am Mittwoch, 9. Juli, ankam, da doch dort bereits Donnerstag, 10. Juli, gezählt wurde; vergl. Pigafettas Beschreibung der ersten Reise um die Welt, deutsch nach der Ausgabe von Amoretti, Gotha 1801, S. 235. — [2] Kapitän Benko hat neuerdings über diese Aenderung des Datums auf den Philippinen vor 50 Jahren mehrfach berichtet, z. B. in Mitt. d. Geogr. Ges., Wien 1890, S. 560; vergl. ferner z. B. Günther, Handbuch der mathemat. Geogr., Stuttgart 1890, S. 242, zur ganzen Sache S. 240—243; oder auch Gretschel, Lexikon der Astronomie, Leipzig 1882, S. 75—77, wo aber irrtümlich noch auf dem Kärtchen der Verlauf der historischen Grenze als zu Recht bestehend angegeben ist: auch bei Wolf, Handbuch der Astronomie, I, 2, Zürich 1891, S. 406, und vielen anderen astronomischen und geographischen Werken findet sich noch dieser Fehler. — [3] Graphisch richtige Darstellungen der jetzt thatsächlich vorhandenen Datumscheidelinie s. in verschiedenen Atlanten, z. B. in dem kleinen (Taschen-)Seeatlas, Gotha 1894, Bl. 20, in Stielers Hand-Atlas, Gotha, Ausg. 1893, Bl. 5, oder in Debes' Hand-Atlas, Leipzig 1895, Nr. 10, Nebenkarte II.

Hammer.

Dauben, s. Böttcherei, Bd. 2, S. 550.

Dauerfahrt, s. Probefahrt.

Dauerölfarben, s. Anstrichfarben, Bd. 1, S. 373.

Dauerstreu, die in Viehställen durch das tägliche Einstreuen von frischem Stroh, Waldstreu oder dergleichen anwachsende Düngerschicht. Dieselbe nimmt eine ziemlich bedeutende Stärke an, wenn der Dünger längere Zeit, zuweilen mehrere Monate, im Stall lagert. Diese Ansammlung des Düngers im Stall erhöht seinen Wert; ob sie der Gesundheit des Viehes nachteilig ist oder nicht, darüber gehen die Ansichten der Landwirte aus einander. Dauerstreu ist allgemein üblich in Schafställen (s. d.). In Rindviehställen erfordert sie besondere verstellbare Krippeneinrichtungen (s. Rindviehställe). In Pferdeställen ist

sie unter der Bezeichnung Matratzenstreu vielfach eingeführt, namentlich bei der Heeresverwaltung (s. Pferdeställe).

Litteratur: A. v. Rueff, Bau u. Einricht. d. Stallungen etc., Stuttgart 1875. *von Tiedemann.*

Dauerversuche bezwecken das Verhalten der Materialien gegenüber lange anhaltender Inanspruchnahme ihrer Eigenschaften durch äussere mechanische oder chemische Einflüsse und die hierbei etwa eintretenden Veränderungen zu ermitteln. Im nachstehenden sollen indessen nur die Dauerversuche mit Baustoffen durch mechanische Inanspruchnahme besprochen sein. Je nach der Art dieser Inanspruchnahme (Belastungsweise) unterscheidet man Dauerversuche mit ruhender Belastung und solche mit wechselnder, oft wiederholter Belastung.

a. Die Wöhler'schen Versuche. Die ersten Dauerversuche mit besonders hergerichteten Probestäben wurden von Wöhler angestellt. Sie bildeten die Fortsetzung seiner auf der kgl. niederschlesisch-märkischen Eisenbahn ausgeführten „Versuche über Biegung und Verdrehung von Eisenbahnwagen-Axen während der Fahrt“, bei denen die genannten Formänderungen mit Hilfe besonderer Messwerkzeuge beobachtet wurden, die zwischen der Axe und je einer Speiche der beiden zugehörigen Räder eingeschaltet waren [1].

Diese Versuche hatten ergeben, dass die grösste Kraft, welche auf Biegung der Axe wirkte, 62—68% des Brutto-Wagengewichtes betrug und dass als Bedingung der Sicherheit an die Axen die Forderung gestellt werden musste, dass solche Belastungen, mit denen das Material abwechselnd auf Zug und Druck in Anspruch genommen wird, nicht die Gefahr eines Bruchs herbeiführen. Um nun die Grundlagen für die Berechnung der erforderlichen Axenstärken aus den beobachteten Kräften zu gewinnen, stellte Wöhler zunächst (1860) Dauerbiegeversuche an, bei denen die Proben — ganze Eisenbahnaxen und dünnere Rundstäbe — paarweise mit dem einen Ende bei f und f_1 in eine in zwei Lagern b ruhende gusseiserne Welle a fest eingelassen und am andern Ende bei e mit Hilfe eines Dynamometers g belastet wurden (s. Fig. 1). Die Welle wurde dann durch einen Schnurantrieb c in Umdrehung versetzt, so dass die Proben übereinstimmend mit der Betriebsinanspruchnahme einer Eisenbahnwagenaxe einem wiederholten Biegen bei stetig wechselnder Biegungsebene unterworfen wurden. Bei einzelnen dieser Versuche wurden die Proben nebenbei dadurch wiederholt erschüttert, dass ein 2 kg schwerer Hammer bei jeder Umdrehung der Welle durch einen mit ihr verbundenen Daumen angehoben wurde und, von dem Daumen abgleitend, auf den Wellenkopf aufschlug.

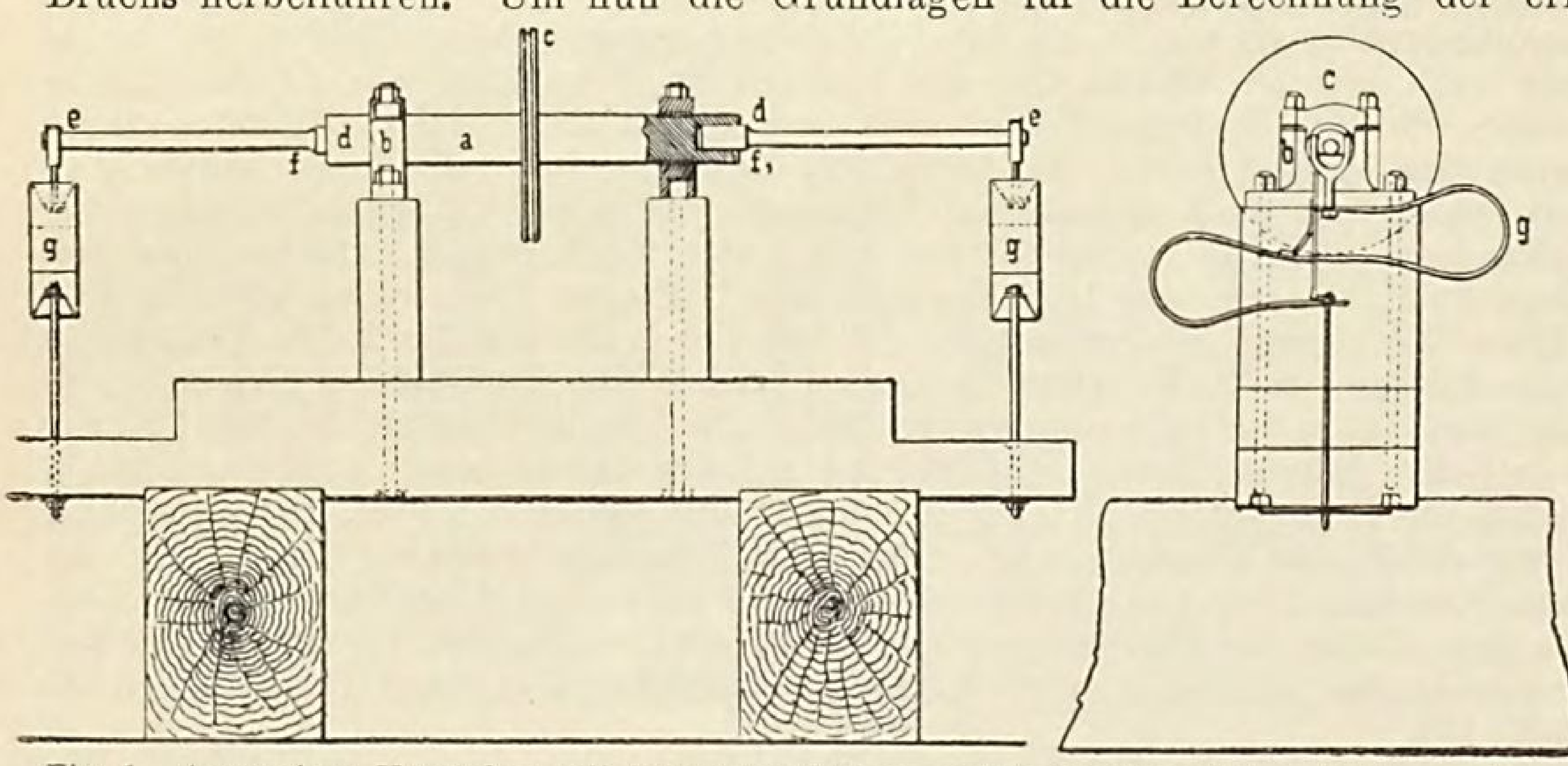


Fig. 1. Apparat zu Versuchen mit belasteten Stäben, welche kontinuirlich gedreht wurden.

Von den gemachten Beobachtungen möge angeführt sein, dass 1. glatte Stäbe eine grössere Dauerhaftigkeit zeigten als solche, welche an der Austrittsstelle aus der Welle scharf abgesetzt waren, und 2. die Erschütterungen den Eintritt des Bruches beschleunigten.

Den schädlichen Einfluss des scharfen Absatzes erklärt Wöhler damit, dass die mit den Zug- und Druckspannungen verbundenen Querschnittsänderungen an der Biegestelle durch den benachbarten grösseren Querschnitt beeinträchtigt werden, wobei Schubspannungen entstehen, welche den Bruch beschleunigen. Anschliessend an diese Versuche führte Wöhler zur Kennzeichnung der Eigenschaften der Probematerialien Biegeversuche mit ruhender Belastung aus, bei denen die Proben mittelst einer in Fig. 2 dargestellten Vorrichtung an beiden Enden unterstützt und in zwei symmetrisch zwischen den Stützpunkten gelegenen Querschnitten gleichmässig belastet wurden. Diese Anordnung war gewählt, um zwischen den Angriffspunkten der Belastung für alle Querschnitte gleiche Kraftmomente zu erzielen und somit für prismatische Stäbe bei kreisförmiger Verbiegung die Elastizitätsgrenze innerhalb dieser ganzen Länge gleichzeitig zu erreichen, wodurch die bleibende Durchbiegung weit früher messbar werden musste, als bei Stäben, welche nur in einem Querschnitt belastet sind. Die Stützpunkte des Stabes und die Angriffspunkte der Last wurden durch Schneiden gebildet, welche von den Schwingen a, a_1 und b, b_1 (Fig. 2) getragen wurden. An den letzteren hing der Querbaum d mit der Belastungsschale c. Um den Stab zu entlasten, konnte der Querbaum mit Hilfe von

zwei durch Schraubengetriebe bethätigte Hebelwerke angehoben werden. Hierbei traten die oben an den Schwingen b und b_1 befindlichen Stifte in die Halter n und n_1 ein und hinderten die Schwingen am Umschlagen. Die Durchbiegungen der Probe wurden mit Hilfe eines Fühlhebels mit zehnfacher Uebersetzung gemessen, welcher an der Probe aufgehängt wurde und dessen Nonius so geteilt war, dass 0,001 Zoll (0,025 mm) abgelesen und 0,0002 Zoll (0,005 mm) geschätzt werden konnten.

Diese Versuche führten unter Berücksichtigung der Ergebnisse aus den mit demselben Material angestellten Dauerbiegeversuchen zu dem Schluss, dass die bleibende Durchbiegung einen Massstab für die Widerstandsfähigkeit des

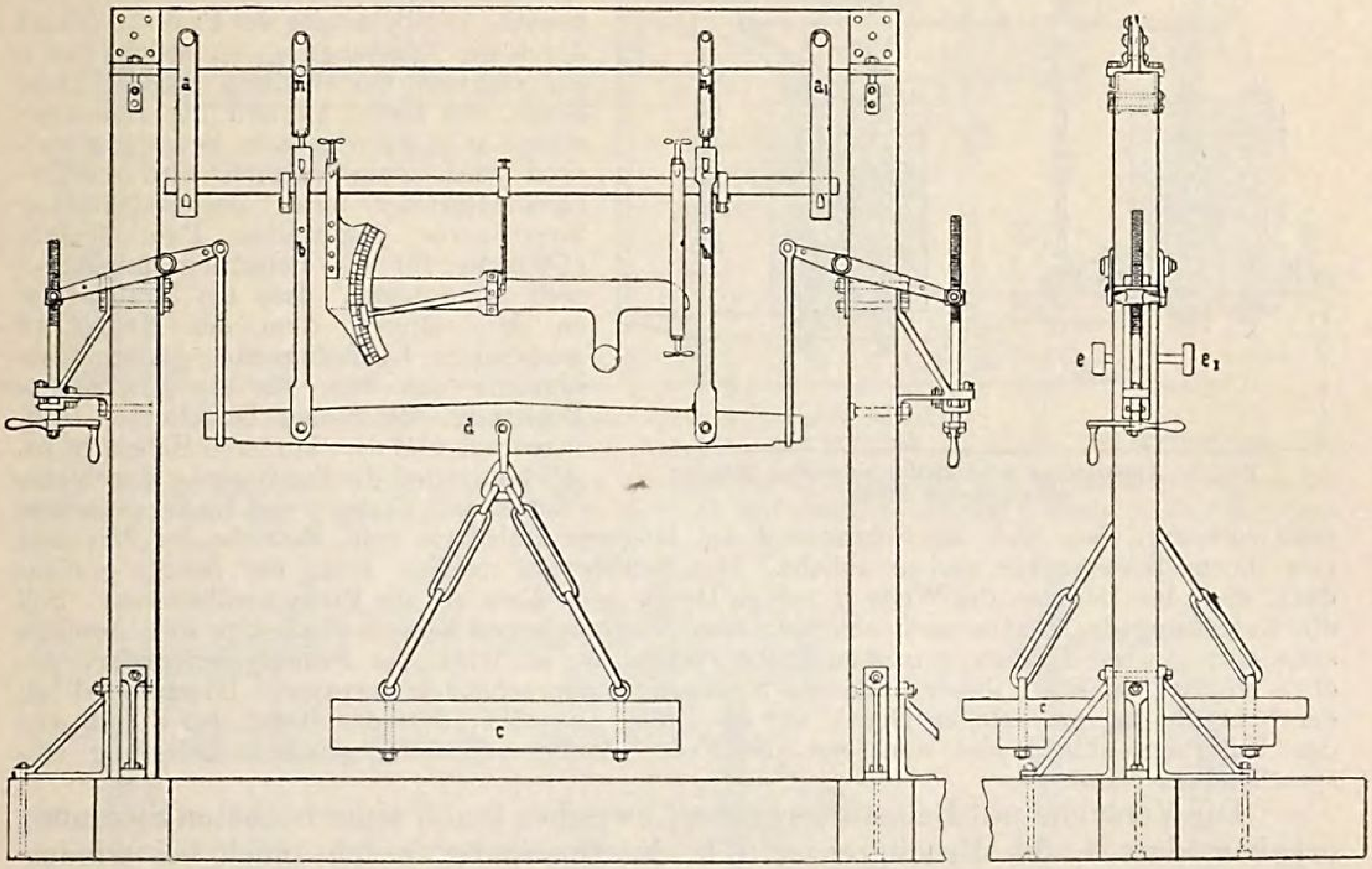


Fig. 2. Apparat zum Messen der Biegung ruhend belasteter Stäbe.

Körpers liefert, derart, dass von zwei Körpern derjenige der widerstandsfähigere ist, welcher bei gleicher Spannung die geringste bleibende Durchbiegung erleidet. Ferner zeigte sich, dass bei längerer konstanter Belastung die elastische Biegung einen konstanten Wert behielt, während die bleibende Durchbiegung ständig zunahm. Wöhler folgerte hieraus, dass die bleibenden und die elastischen Formänderungen nicht Folgen derselben Eigenschaft des Körpers sein können, und führt die letzteren auf Formänderungen der als vollkommen elastisch anzunehmenden Moleküle des Körpers, die bleibenden Formänderungen aber auf Verschiebung dieser Moleküle zurück. In Uebereinstimmung mit dieser Erklärung steht die Beobachtung, dass die elastische Formänderung der Belastung stets proportional bleibt, gleichviel, ob eine bleibende Formänderung stattgefunden hat oder nicht [2]. — Die dritte, im Jahre 1863 abgeschlossene Versuchsreihe [3] bestätigte den bereits bei der ersten Reihe erkannten Einfluss der Stabform und der Erschütterungen auf die Dauerhaftigkeit des Materials. Ferner zeigte sich, dass die Zahl der Umdrehungen (Beanspruchungen) bis zum Bruch um so grösser, je geringer die Spannung und je länger die Dauer der einzelnen Umdrehungen ist. — Auch die vierte Wöhler'sche Versuchsreihe [4] betraf den Einfluss der Stabform. Nach ihren Ergebnissen besitzen scharfe Absätze eine um etwa $^1/_4$ geringere Widerstandsfähigkeit als durch Hohlkehle vermittelte Uebergänge. Die Spannungen für gleiche Betriebsdauer verhalten sich etwa wie 3:4. Unterbrechungen des scharfen Ansatzes gaben sich im Bruchaussehen zu erkennen, indem der Anbruch sich nicht über den ebenen Teil erstreckte. Die Stäbe brachen vielmehr dem ebenen Teil gegenüber zuletzt, was an dem frischen Bruch deutlich zu erkennen war. Neu hinzu traten bei der vierten Reihe die Dauerversuche mit wiederholter Biegung nach einer Richtung unter Belastung der an den Enden frei aufliegenden Stäbe in der Mitte. Die Belastungen wechselten

hierbei zwischen 0 und einem grössten Wert oder zwischen zwei Belastungen von bestimmten endlichen Grössen.

Der zu diesen Versuchen benützte Belastungsapparat ist in Fig. 3 dargestellt. Die Probe *A* ruht wagrecht mit den beiden Enden auf den Trageschneiden der Schwingen *a* und *b*, von denen erstere bei 0 an dem festen Maschinengestell aufgehängt ist, während die Schwinge *b* bei *c* an dem kürzeren Ende eines Hebels angreift. Dieser ist bei *e* mittelst einer Schneide gestützt und bei *f* durch ein Federdynamometer belastet, welches dazu dient, den bei *b* herrschenden grössten Auflagedruck (gleich der halben Belastung der Probe) zu messen. Die Belastung der Probe *A* erfolgt durch die Zugstange *q*, an welche bei *n* ein Daumen der Welle *g* angreift, die durch den Hebel *hk* und die Exzenterstange *p* in schwingende Bewegung versetzt wird. Zum Versuch wird die Dynamometerfeder unter Berücksichtigung ihrer zuvor ermittelten Dehnungszahl (Dehnung für die Belastungseinheit) so weit angespannt, dass die Summe der an dem langen Arm des Hebels *cd* wirkenden Kraftmomente gleich dem Moment aus dem für die gewünschte Belastung des Stabes berechneten Auflagedruck und dem kürzeren Hebelarm ist. Alsdann wird die Zugstange *q* durch eine Mutter mit Rechts- und Linksgewinde so weit verkürzt, dass sich die Schraube *d* am längeren Hebelarm beim Betriebe der Maschine von ihrem Stützpunkte soeben abhebt. Der Schlitz am unteren Ende der Stange *q* dient dazu, dass der Daumen der Welle *g* keinen Druck nach oben auf die Probe ausüben kann. Soll die Entlastung des Stabes nach den einzelnen Anstrengungen keine vollständige sein, sondern stets eine gewisse Spannung in dem Stabe verbleiben, so wird das Federdynamometer, wie oben erörtert, zunächst dieser kleineren Spannung entsprechend angespannt. Hierzu wird mit der Schraube *m*, ein solcher Druck auf die Probe ausgeübt, dass der Hebel bei *d* sich von der Unterlage abhebt und nun erst die Feder der gewünschten grössten Belastung entsprechend anspannt.

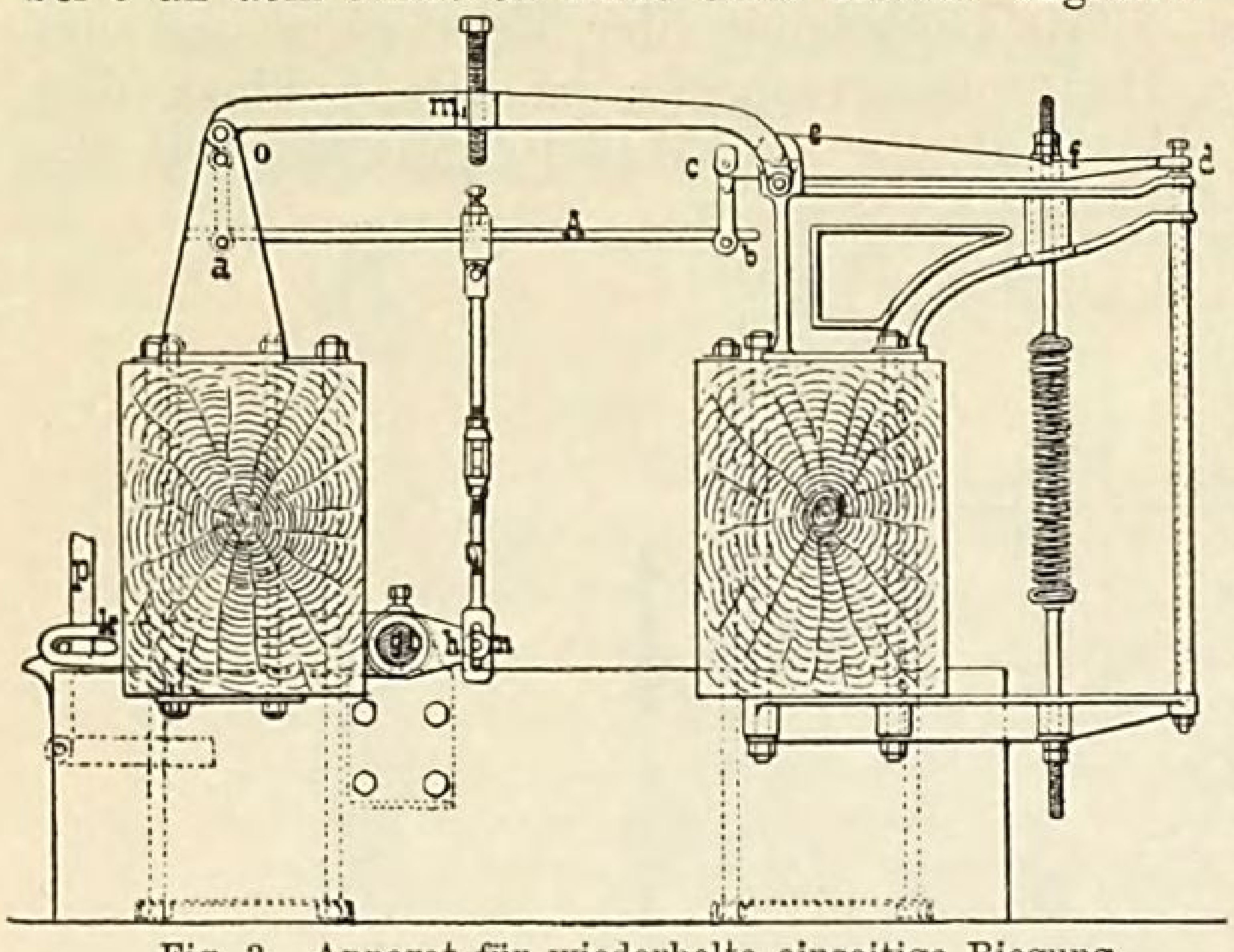


Fig. 3. Apparat für wiederholte einseitige Biegung prismatischer Stäbe.

Die Versuche mit Belastungswechsel zwischen 0 und einer höchsten Spannung ergaben, dass 1. die Bruchgrenze, d. h. die Spannung, welche auch bei wiederholter Inanspruchnahme keinen Bruch herbeiführt, bei demselben Material nahezu doppelt so hoch lag als bei den Biegungen nach allen Seiten, d. h. beim Wechsel zwischen Zug- und Druckbelastungen; 2. die bleibenden Formänderungen bei Versuchen mit Spannungen über die Elastizitätsgrenze hinaus in den ersten Stunden des Versuches sich vollzogen und dann konstant blieben, so dass die Stäbe bis zum erfolgten Bruch oder Einbruch keine Einbusse an Spannkraft erlitten, die Annäherung des Bruches sich also durch eine Verminderung der Festigkeit nicht bemerkbar machte.

Die Versuche mit Spannungswechsel zwischen zwei verschiedenen Grenzen führten ferner zur Aufstellung des folgenden sogen. Wöhler'schen Gesetzes: „Der Bruch des Materials lässt sich nicht nur durch eine die absolute Festigkeit überschreitende ruhende Belastung, sondern auch durch vielfach wiederholte Schwingungen, von denen keine die absolute Bruchgrenze erreicht, herbeiführen. Die Differenzen der Spannungen, welche die Schwingungen eingrenzen, sind dabei für die Zerstörung des Zusammenhanges massgebend. Die absolute Grösse der Grenzspannungen ist nur insoweit von Einfluss, als mit wechselnder Spannung die Differenzen, welche den Bruch herbeiführen, sich verringern." — In einer fünften Versuchsreihe, welche im Jahre 1870 zum Abschluss gelangte [5], legte Wöhler die allgemeine Giltigkeit seines Gesetzes, welches bis dahin nur aus Biegeversuchen abgeleitet war, auch für Inanspruchnahmen auf Zug- und Torsionsfestigkeit dar und wies zugleich nach, dass die verschiedenen Arten der Festigkeit in bestimmten Beziehungen zu einander stehen.

Die hierbei für Zugversuche und Torsionsversuche benützten Maschinen sind in Fig. 4—7 dargestellt. Bei der Maschine für wiederholte Zugbelastung (Fig. 4) ist der Probestab *A* am unteren Ende durch die mit der Schraube *b* versehene Einspannklaue am Maschinengestell festgelegt, während die Einspannklaue des oberen Stabendes in Schneiden an dem kürzeren Arm des Hebels *h* aufgehängt ist. Die Anspannung des Stabes erfolgt durch eine mittelst Exzenterantrieb bethätigte Daumenwelle, indem die Schwingung des Daumens durch die Zug-

stange *d* und die Feder *g* zunächst auf das wagrechte Zwischenstück *em* und durch dessen Arm *e* auf den längeren Arm des Hebels *h* übertragen wird. Der Arm *m* des Zwischenstückes ruht auf einem zweiten Hebel, dessen längerer Arm durch das Federdynamometer *f* so belastet ist, dass er sich eben anhebt,

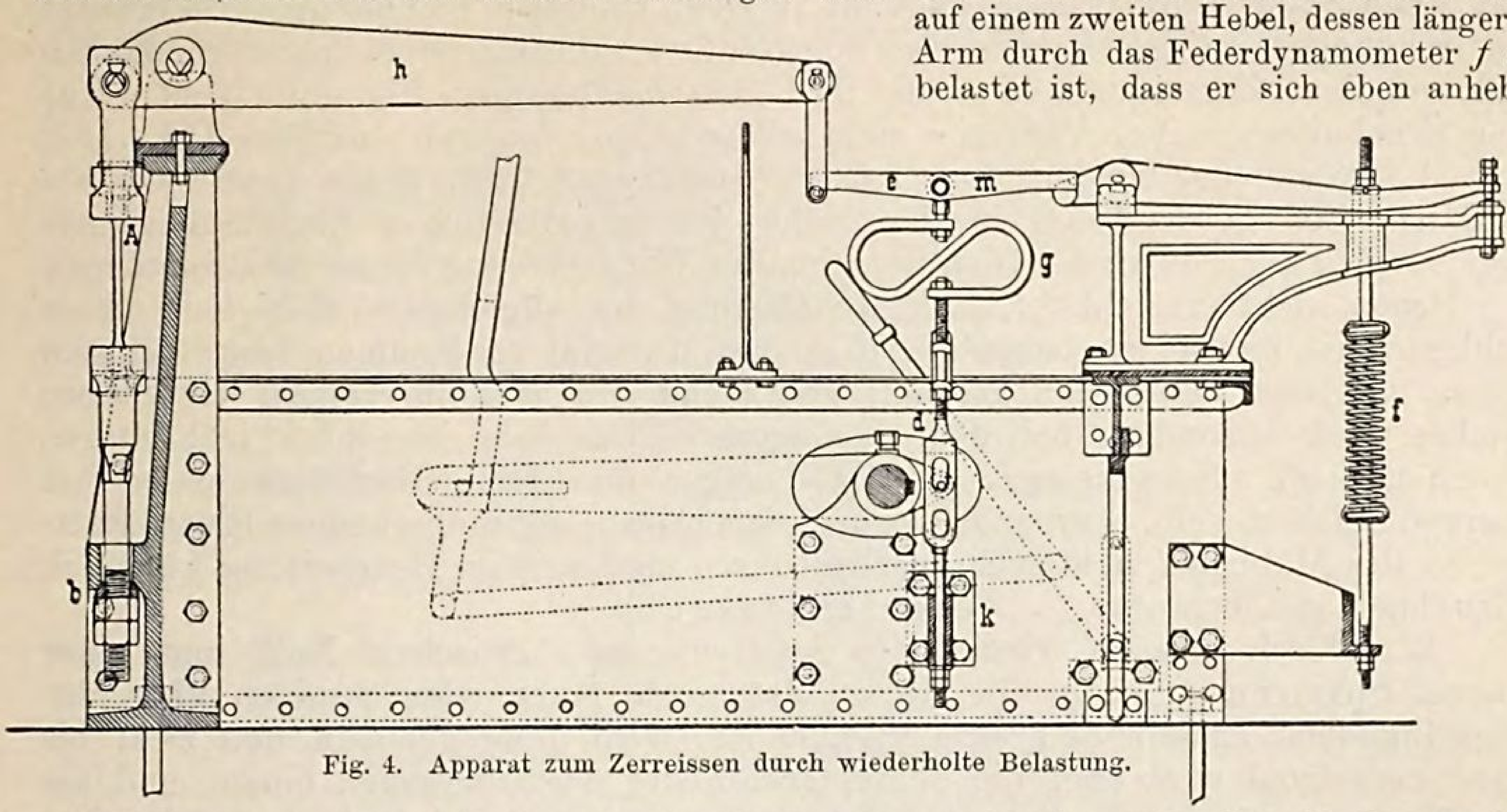
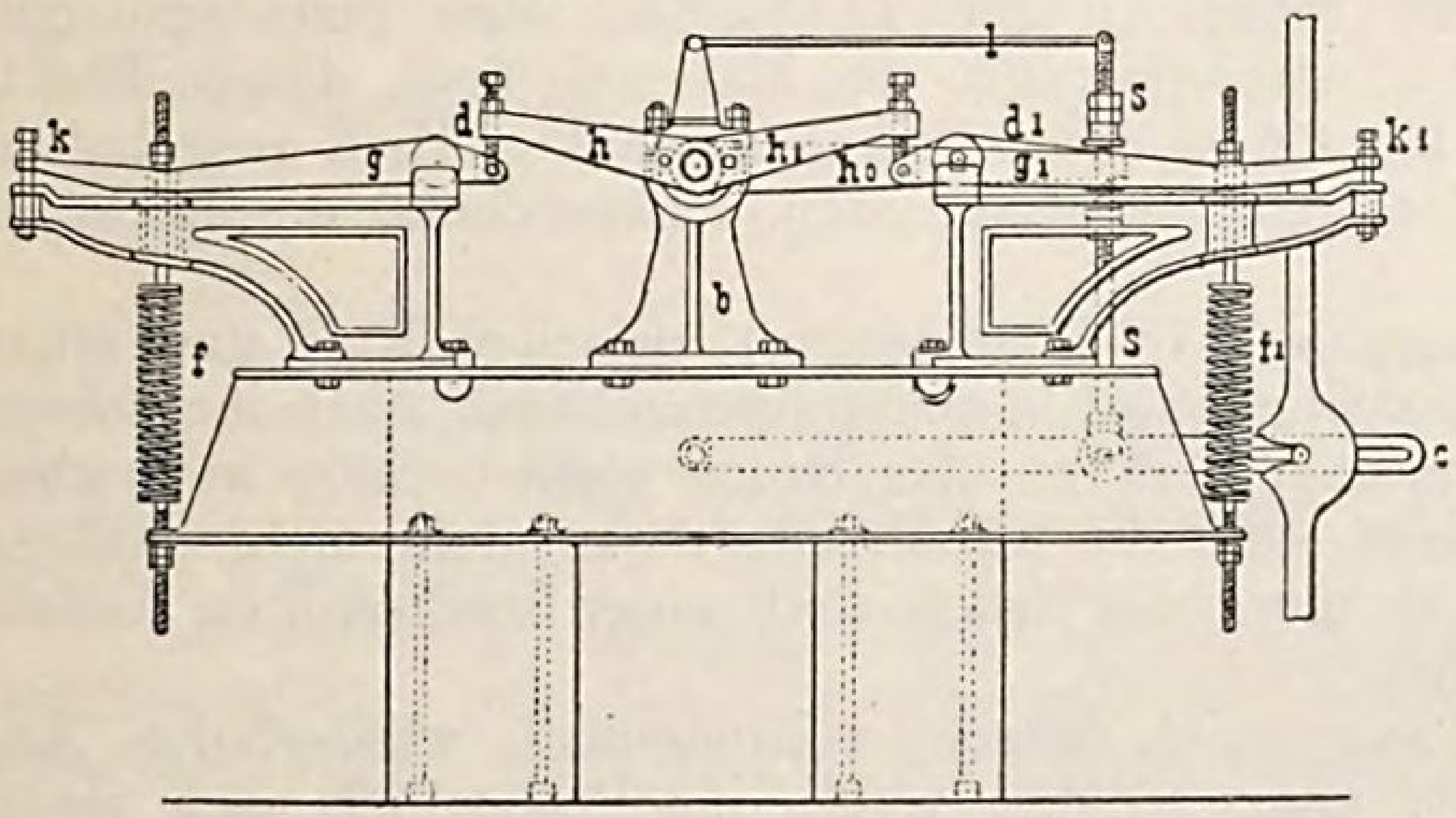


Fig. 4. Apparat zum Zerreissen durch wiederholte Belastung.

sobald die gewünschte Belastung in dem Probestabe erreicht ist und sofern die Längen der Schraube *b* und der Zugstange *d* vor dem Versuch auf das erforderliche Mass eingestellt sind.



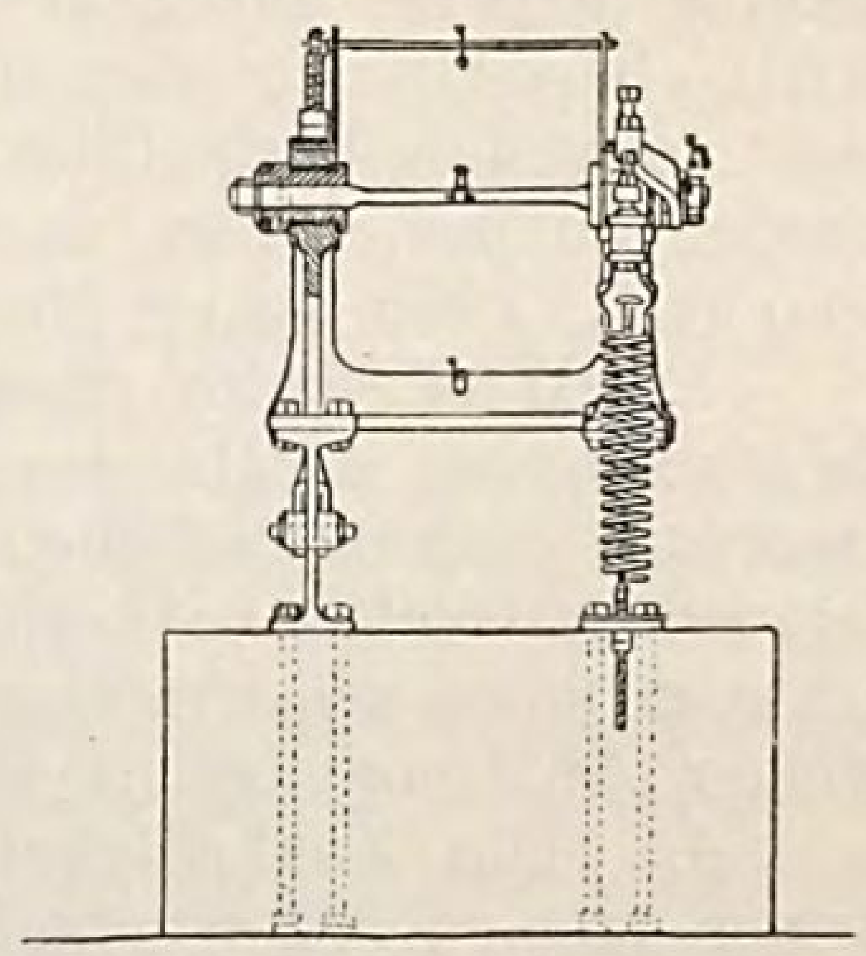


Fig. 5. Apparat zum Verwinden durch wiederholte Belastung. Fig. 6.

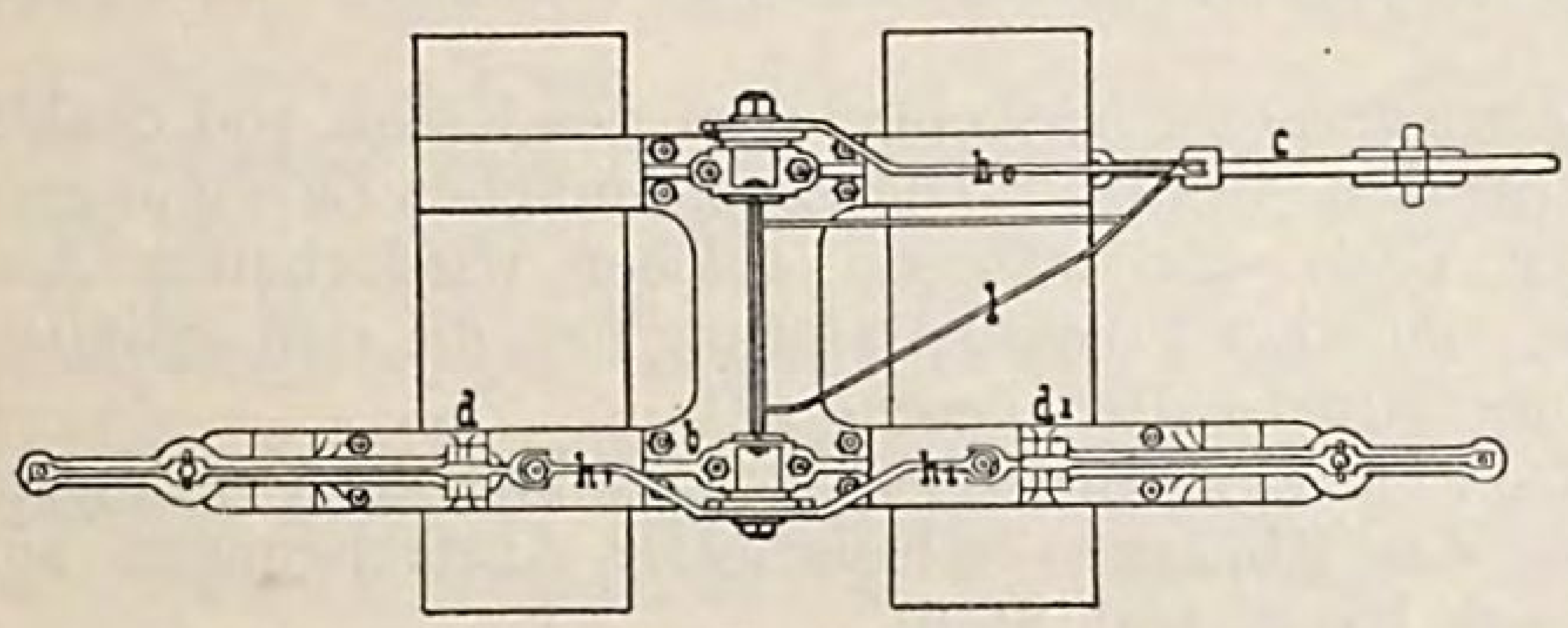


Fig. 7.

Die Spannvorrichtung *k* dient dazu, dem Probestabe eine bestimmte Anfangsbelastung geben zu können.

Bei der Maschine zum wiederholten Verwinden (Fig. 5—7) ist der Probestab an beiden Enden in dem Bock *b* gelagert und ausserhalb der Lager mit je einem Hebel fest verbunden. Von letzteren wird h_0 durch den mittelst Exzenterstange bethätigten Zwischenhebel *c*, mit dem er durch die Stange *S* verbunden ist, in schwingende Bewegung gesetzt, welcher der gleicharmige Hebel $h h_1$ am anderen Stabende folgt, bis sich die an seinen Enden angebrachten Stellschrauben auf die kurzen Arme der bei *d* und d_1 in Schneiden gelagerten Hebel *g* und g_1 aufsetzen. Diese Hebel sind durch die Federdynamometer *f* so belastet, dass sie erst nachgeben, sobald durch den Unterschied in der Winkelbewegung der beiden Hebel h_0 und $h h_1$ die gewünschte Torsionsspannung in dem Probestabe erreicht ist. Zur richtigen Einstellung des Hubes ist die Zugstange *S*, welche durch die Lenkerstange *l* geführt wird, mit Stellmuttern versehen.

Die Wöhler'schen Versuche sind später mit denselben Maschinen durch Spangenberg an der ehemaligen Gewerbeakademie in Berlin fortgesetzt [6].

b. Die Bauschinger'schen Versuche. Im Jahre 1881 begann auch Bauschinger in München die Ausführung von Dauerversuchen unter Zugbelastung mit Maschinen, die den Wöhler'schen nachgebildet waren. Diese Versuche wurden immer mit mehreren Stäben aus demselben Walzstück derart angestellt, dass die obere Grenze der wiederholten Beanspruchungen bei den einzelnen

Stäben verschieden hoch lag, während die untere Grenzspannung stets gleich Null war. Die Stäbe wurden dann von Zeit zu Zeit, nachdem sie eine grössere Anzahl Anstrengungen erlitten hatten, aus der Dauerversuchsmaschine herausgenommen und auf einer Zerreissmaschine auf ihre Elastizitätsgrenze hin untersucht. Aus den Ergebnissen seiner Versuche zieht Bauschinger folgende Schlüsse [7] u. [8]:

1. „Wenn bei wiederholten Anstrengungen auf Zug, deren untere Grenze Null ist, die obere Grenze in der Nähe der ursprünglichen Elastizitätsgrenze liegt, so wird auch durch 5—16millionenmalige Wiederholung dieser Anstrengungen der Bruch nicht erreicht." Als Einschränkung der allgemeinen Giltigkeit dieses Schlusses ist hierbei zu beachten, dass das Material vollkommen fehlerfrei sein muss. Geringe Fehlstellen auf der Oberfläche und auch im Innern des Stabes machen sich besonders bei dem homogenen Flusseisen in einem frühzeitigen Bruch geltend. Schweisseisen scheint dagegen für kleine Oberflächenfehler fast unempfindlich zu sein. Ferner ist zu berücksichtigen, ob die gefundene Elastizitätsgrenze des Materials nicht schon vorher durch mechanische Bearbeitung künstlich allzu hoch gehoben war (s. Zerreissversuch).

2. „Durch oftmals wiederholte Anstrengungen zwischen Null und einer oberen Spannung, die in der Nähe oder auch mehr oder weniger über der ursprünglichen Elastizitätsgrenze gelegen ist, wird diese gehoben und zwar bis über, manchmal weit über die obere Grenze der Anstrengungen hinaus und um so höher, je grösser die Anzahl der Anstrengungen ist, ohne jedoch eine gewisse Höhe überschreiten zu können." In dieser Beobachtung liegt zugleich die Erklärung für die durch Wöhler nachgewiesene Thatsache, dass Schwingungen, deren obere Grenze über der Elastizitätsgrenze des Materials liegt, dessen Bruch nicht notwendig herbeiführen müssen, sondern in unbeschränkter Zahl ausgehalten werden können, sofern nur die Spannungsdifferenzen, entsprechend der höchsten Spannung, klein genug sind.

3. „Wiederholte Anstrengungen (Schwingungen) zwischen Null und einer oberen Grenze, welche die ursprüngliche Elastizitätsgrenze noch über ihre obere Spannung hinaus zu heben vermögen, führen den Bruch nicht herbei; wenn aber ihre obere Grenze so hoch liegt, dass die Elastizitätsgrenze nicht mehr darüber hinausgehoben werden kann, so muss der Bruch nach einer beschränkten Anzahl solcher Anstrengungen erfolgen."

4. „Die Zugfestigkeit zeigt sich durch millionenmal wiederholte Anstrengungen nicht vermindert, eher erhöht, wenn das Probestück nach jenen Anstrengungen mit ruhender (stetig wachsender?! Der Verfasser) Belastung abgerissen wird."

5. „Oftmal, millionenmal wiederholte Anstrengungen des Eisens und Stahls bringen keine Aenderung der Struktur hervor." Die eigentümlichen Zeichnungen, welche an Brüchen ersichtlich sind, die während solcher wiederholten Anstrengungen entstanden, rühren von einer Strukturänderung her, die sich lediglich auf die äusserste Oberfläche der Bruchstellen beschränkt.

c. Die Versuche von Jerome Sondericker [9], begonnen im Jahre 1890, dienten zur Ermittelung des Einflusses wiederholter Anstrengungen auf die elastischen Eigenschaften von Eisen und Stahl.

Die hierbei benützte Maschine ist in Fig. 8 dargestellt. Der Probestab steckt mit beiden Enden in Lagerbüchsen, welche mit zur Stabaxe senkrecht stehenden Schneiden bei B auf dem Maschinengestell gestützt sind. An dem einen Ende ist er durch die bewegliche Kuppelung F mit einer mechanisch angetriebenen Welle verbunden, so dass er deren Umdrehungen (500 in der Minute) mitmacht. Symmetrisch zu den Stützpunkten B sitzen auf dem Probestabe die Hülsen C mit seitlichen Schneiden zur gemeinsamen Aufnahme der Belastung, die durch den Hebel D bewirkt wird. Zwischen der Zugstange E des Hebels und dem von den Hülsen C getragenen Gehänge ist eine Feder eingeschaltet, welche verhindern soll, dass der Hebel D bei wechselnden Durchbiegungen des beständig gedrehten Stabes in Schwingungen gerät. — Zur Bestimmung der Durchbiegungen sind in gleichen Entfernungen von den Stützschneiden C die Stangen H an den Probestab senkrecht zu seiner Axe angeschraubt, die an ihren unteren Enden in Kugellagern das Messwerkzeug K tragen. Dieses besteht nach Art der Schublehren aus zwei Teilen, welche sich bei Schrägstellung der Stangen H entsprechend der Verbiegung des mittleren Stabteiles A gegen einander verschieben. Die Grösse dieser Verschiebung wird als Mass für die Durchbiegung mit Hilfe einer Mikrometerschraube gemessen. Hierbei wurde wie folgt verfahren: Die Stangen H blieben während des Dauerversuches an dem Stabe, nach

Erreichung der gewünschten Anzahl Anstrengungen wurde die Maschine angehalten, die Belastung bei aufrechter Stellung der Stangen *H* entfernt, der Stab um 180° gedreht und nun die erste Messung ausgeführt, dann wurde die Belastung wieder aufgebracht und die zweite Messung

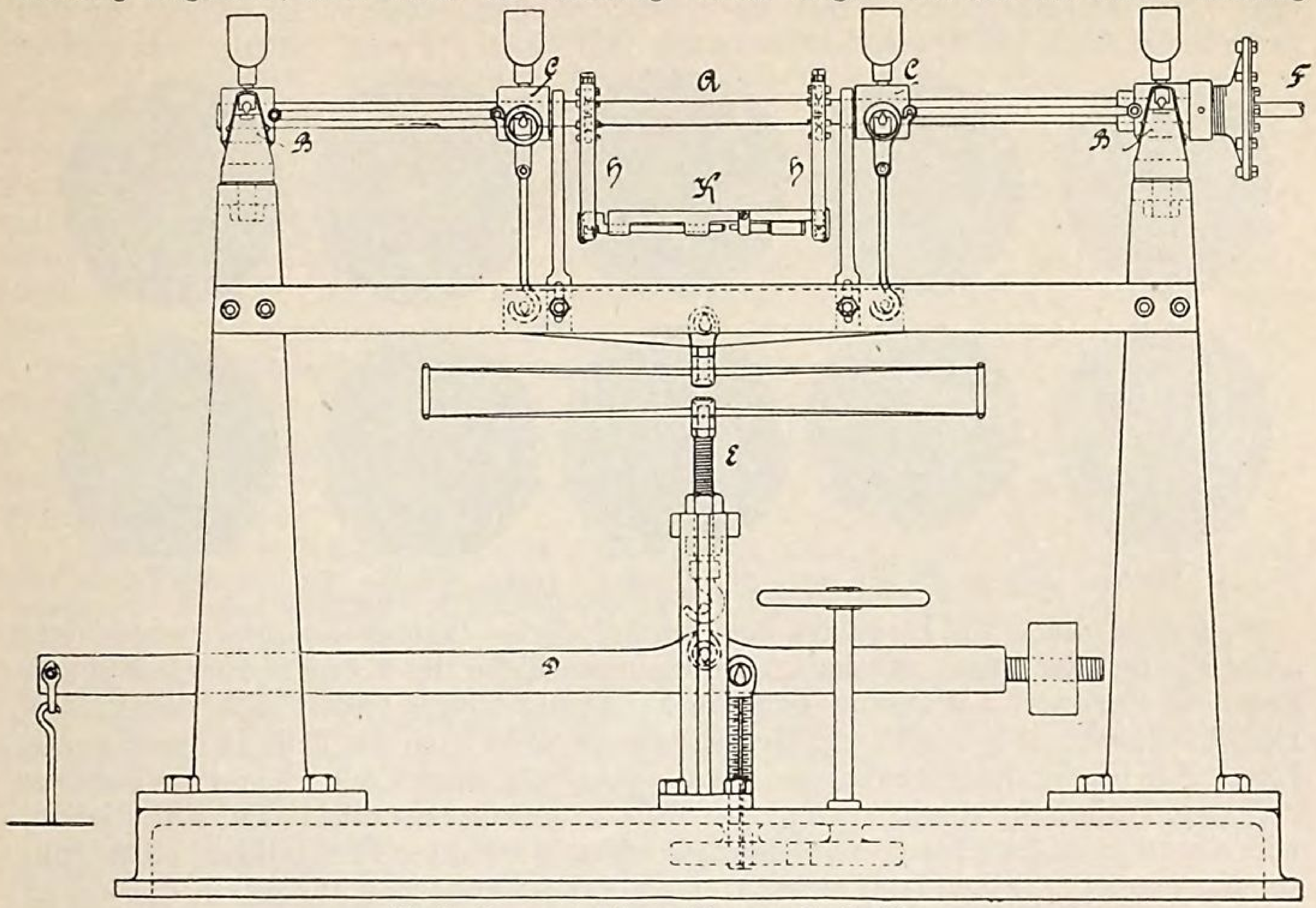


Fig. 8. Dauerversuchsmaschine von Sondericker.

angestellt und schliesslich vor einer dritten Messung die Belastung nochmals entfernt. Der Unterschied zwischen der ersten und zweiten Messung ergab die gesamte, derjenige zwischen der zweiten und dritten die elastische und derjenige zwischen der ersten und dritten die bleibende Durchbiegung.

Als vorläufiges Ergebnis seiner noch nicht abgeschlossenen Untersuchungen teilt Sondericker mit, dass 1. Aenderungen im elastischen Verhalten und bleibende Formänderungen erst mit Ueberschreitung der Elastizitätsgrenze durch die Versuchsspannung eintreten, sich dann vornehmlich zu Anfang des Versuches vollziehen und nach und nach für die gleiche Anzahl Anstrengungen geringer werden, um schliesslich keine weitere Aenderung zu erleiden, 2. dass die Dauerhaftigkeit des Materials nach seiner Elastizitätsgrenze nicht zuverlässig beurteilt werden kann und in hohem Grade von Fehlstellen im Material abhängig ist.

d. Gefügeänderungen beim Dauerversuch. Die eigenartigen Brucherscheinungen, welche bei Dauerversuchen auftreten und zum Teil in den Figuren 9—15 veranschaulicht sind, sowie die mehrfach gemachte Beobachtung, dass im Betriebe gebrochene Konstruktionsteile ein ausgeprägt körniges, kristallinisches Bruchgefüge zeigen, während Zerreissstäbe aus demselben Stück matten, sehnigen Bruch aufweisen, führten zu der Annahme, dass durch wiederholte Anstrengungen Gefügeänderungen in dem Material veranlasst werden [10] bis [12]. Spangenberg sagt hierüber: [6] „Das eigentümliche Aussehen sämtlicher Bruchflächen (von Dauerversuchsstäben) und der Umstand, dass die glatten, dem Einbruch zunächst liegenden Flächen im allgemeinen um so grösser sind, je grösser die Zahl der Anstrengungen bis zum Bruch, also je geringer die Maximalspannung war, und endlich die Wahrnehmung, dass der Einbruch sich stets in den gezogenen Fasern zeigt; diese Erscheinungen veranlassten mich zu der Annahme, dass durch oft wiederholte Dehnungen das kristallinische Gefüge der Metalle nach und nach in das amorphe übergeführt werde, dass auf solche Weise verschiedene Gleichgewichtszustände der Moleküle entstehen, deren jeder einer Elastizitätsgrenze entspricht, dass dann

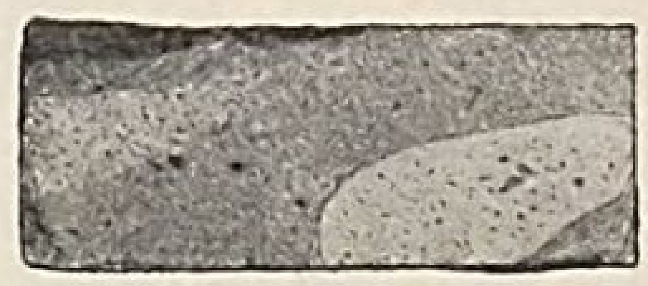


Fig 10. Bruchfläche aus einem Dauerbiegeversuch.



Fig. 9. Bruchfläche aus einem Dauer-zugversuch

durch Fortsetzung der Dehnungen die letzte Elastizitätsgrenze überschritten und endlich die Widerstandskraft des Querschnittes so verringert werde, dass die sich konstant gebliebene Kraft des Federdynamometers zur Bruchlast für den restirenden Teil des Querschnittes wird und dessen Bruch plötzlich bewirkt.“

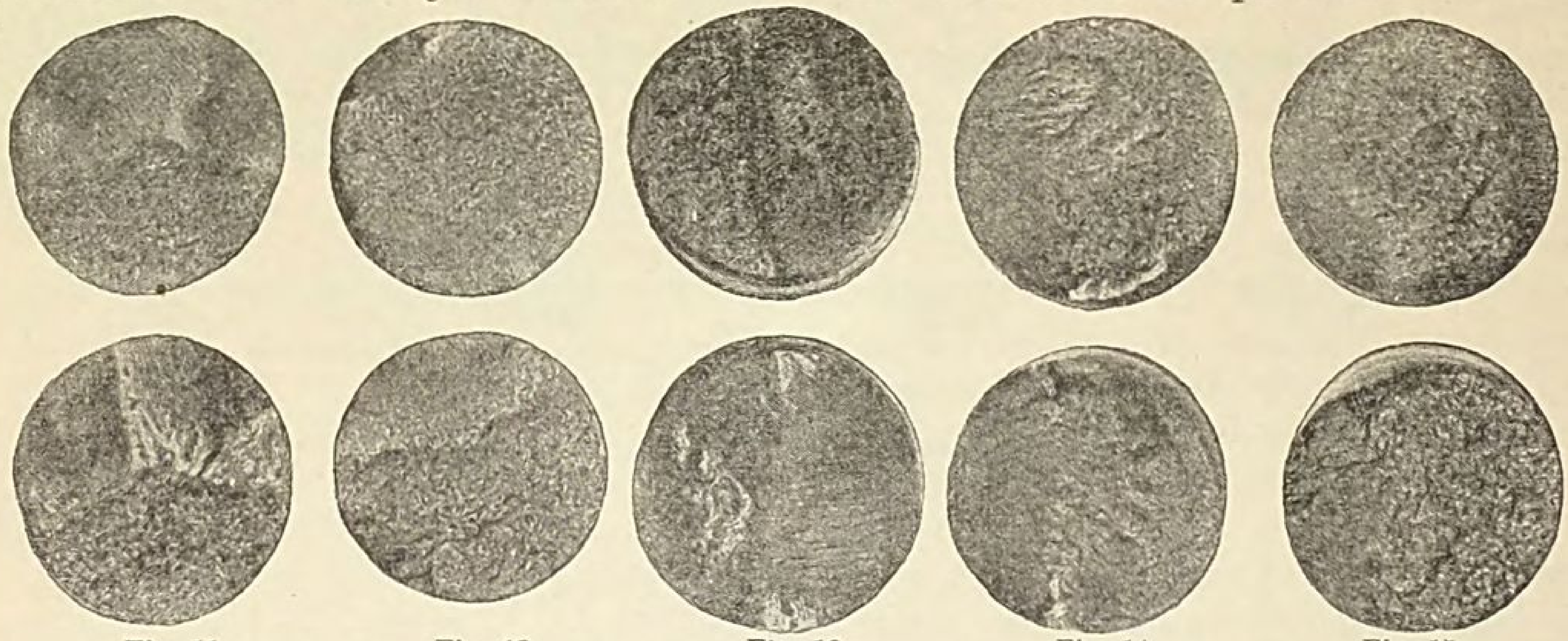


Fig. 11. Fig. 12. Fig. 13. Fig. 14. Fig. 15.
Bruchflächen aus Dauerbiegeversuchen mit wechselnder Biegungsebene.

Autenheimer [13] erklärt die vermeintliche Gefügeänderung wie folgt: „Vor Beginn der Spannung haben die kleinsten Teile des Körpers eine bestimmte Lage zu einander. Während nun die Spannung steigt, ändert sich diese Lage. Hält die Spannung in gleicher Höhe an, so verbleiben auch die Teile in dieser neuen Lage. Sowie aber die Spannung auf die ursprüngliche zurückkehrt, so ist die Tendenz vorhanden, die ursprüngliche Lage der Teile wieder herzustellen. Bei Materialien, wie sie zu Konstruktionen verwendet werden, wird diese Herstellung nicht vollständig erreicht, selbst dann nicht, wenn die Formänderung innerhalb der sogen. Elastizitätsgrenze erfolgt. Bei e i n e m derartigen Spannungswechsel ist indessen diese Aenderung nicht immer bemerkbar, selbst nicht bei einer mässigen Anzahl solcher Wechsel. Da nun aber jeder Spannungswechsel eine molekulare Verschiebung hervorbringt, so muss nach einer genügend grossen Anzahl solcher Wechsel der neue Zustand wahrnehmbar vom ursprünglichen abweichen. Der neue Zustand charakterisirt sich dadurch, dass die Struktur des Materials grobkörniger, selbst blätterig und kristallinisch wird.“ Nach dieser Erklärung müsste die Aenderung des Gefüges sich über die ganze Länge des Stabes erstrecken, sofern alle Querschnitte, wie z. B. bei prismatischen Zugstäben, dem Spannungswechsel in gleichem Grade unterworfen waren, da sie dann doch alle auch an der Gesamtdehnung wenn auch vielleicht nicht in gleichem Masse beteiligt sind. Dem widerspricht aber der Umstand, dass das a n s c h e i n e n d veränderte Gefüge sich selbst bei Stäben und Konstruktionsteilen mit grossem Querschnitt immer nur in dem meist ebenen Bruchquerschnitt zeigt, und dass Proben, die unmittelbar neben der Bruchstelle solcher Stücke entnommen wurden, das gleiche (sehnige) Bruchgefüge aufweisen, wie Stäbe aus solchem Material, welches dem Spannungswechsel nicht unterlag.

Bauschinger sagt in seinem oben angeführten Satz 5, dass die Aenderung des Gefüges sich lediglich auf die äusserste Oberfläche der Bruchstelle beschränkt, gibt aber für deren Entstehung keine nähere Erklärung [7].

Sorby [14] verneint die Entstehung der Gefügeänderung durch wiederholte Anstrengungen und erklärt das eigenartige Aussehen der Bruchflächen von Dauerversuchsstäben und von im Betriebe gebrochenen Konstruktionsteilen im Gegensatz zu dem Bruchaussehen von Zerreissproben aus denselben Stücken lediglich mit V e r s c h i e d e n a r t i g k e i t e n i m V e r l a u f d e r B r ü c h e. Beim Zerreissversuch mit allmälich gesteigerter Belastung werden die einzelnen Massenteilchen (Kristalle) langgestreckt, gleichsam spitz ausgezogen, so dass der Bruch dann ein sehniges, mattes Gefüge darstellt. Bei wiederholten Anstrengungen mit Spannungen, welche nicht hinreichen, den Bruch des Materials auf einmal herbeizuführen, lösen sich dagegen die Kristalle von einander los, ohne voraufgegangene erhebliche Formänderung, bis ihr Zusammenhang in dem schwächsten,

meist gespannten Querschnitt so weit gelöst ist, dass der Bruch nun bei unveränderter Inanspruchnahme des Stückes eintritt. Der Bruch verläuft alsdann in den Trennungsebenen der einzelnen Kristalle und zeigt somit ein kristallinisches Aussehen (s. Zerreissversuch). Hingeführt wurde Sorby auf diese Erklärung durch Ergebnisse von Dauerversuchen, welche er in der Weise anstellte, dass er eine Stange an einen Schwanzhammer so befestigte, dass sie beim Aufschlagen des Hammers durch Schwingungen hin- und hergebogen wurde. Ein Längsschnitt durch das gebrochene Ende zeigte, dass das Gefüge am Bruch im Korn von dem ursprünglichen nicht abwich, wohl aber erschienen einzelne Kristalle um weniges von den benachbarten gelöst, statt mit ihnen ringsum in enger Berührung zu sein. — Gegen das Kristallinischwerden und die Festigkeitsverminderung des Eisens durch den Gebrauch sprechen ferner die Versuche von Bauschinger [16] und Belelubsky mit Brückengliedern gleicher Fertigung, von denen ein Teil viele Jahre im Bauwerk beansprucht war, während andere als Reserveglieder aufbewahrt gewesen waren und die weder bezüglich der Elastizitäts- und Festigkeitseigenschaften noch im Gefüge Unterschiede wahrnehmen liessen.

Litteratur: [1] Wöhler, Bericht über die Versuche, welche auf der kgl. niederschlesisch-märkischen Eisenbahn mit Apparaten zum Messen der Biegung und Verdrehung von Eisenbahnwagenaxen während der Fahrt angestellt wurden, Zeitschrift für Bauwesen 1858, S. 641. — [2] Wöhler, Versuche zur Ermittelung der auf die Eisenbahnwagenaxen einwirkenden Kräfte und die Widerstandsfähigkeit der Wagenaxen, Zeitschrift für Bauwesen 1860, S. 583. — [3] Wöhler, Ueber die Versuche zur Ermittelung der Festigkeit von Axen, Zeitschrift für Bauwesen 1863, S. 233. — [4] Resultate der in der Zentralwerkstatt der niederschlesisch-märkischen Eisenbahn zu Frankfurt a. O. angestellten Versuche über die relative Festigkeit von Eisen, Stahl und Kupfer, Zeitschrift für Bauwesen 1866, S. 67. — [5] Wöhler, Ueber die Festigkeitsversuche mit Eisen und Stahl, Berlin 1870. — [6] Spangenberg, Ueber das Verhalten der Metalle bei wiederholten Anstrengungen, Zeitschrift für Bauwesen 1874, S. 473. — [7] Bauschinger, Mitteilungen aus dem mechanisch-technischen Laboratorium zu München, Heft 13, 1886. — [8] Bauschinger, Ueber die Veränderlichkeit der Elastizitätsgrenze von Eisen und Stahl, Dinglers polyt. Journal 1887, Bd. 266, S. 216. — [9] Sondericker, A description of some repeated stress-experiments, Technology Quarterly 1892, S. 70. — [10] Ueber das sogen. Kristallinischwerden von Schmiedeeisen durch Erschütterungen, Prometheus 1890, S. 412. — [11] Does the vibrations of stamp-stemps change the molecular structure? Transactions of the Amer. Institute of mining Eng. 1894. — [12] Kreuzpointner, Kristallisiren Eisen und Stahl im Betriebe? Stahl und Eisen 1895, S. 474. — [13] Autenheimer, Ueber die Schwächung des Arbeitsvermögens der Materialien durch Spannungswechsel, Schweizerische Bauzeitung 1893, S. 47. — [14] Rudeloff, Das Kleingefüge von Eisen und Stahl nach den Untersuchungen von Sorby, Glasers Annalen für Gewerbe und Bauwesen 1887, S. 123. — Bauschinger, Ueber das Kristallinischwerden und die Festigkeitsverminderung des Eisens durch den Gebrauch, Dinglers polyt. Journal 1880, Bd. 235, S. 169.

Rudeloff.

Dauerwiesen, solche Grundstücke, welche dauernd als Wiese genutzt werden, zum Unterschied von den Wechselwiesen, welche abwechselnd dem Anbau von Feldfrüchten und dem Wieswachs zu dienen haben.

Dauerwurstwaren, s. Fleischwarenfabrikation.

Daulé'sches Verfahren, s. Stereotypie.

Daumen oder Däumling (Frosch, Wellfuss), in eine Welle radial eingesetzter Hebel, am Ende mit ähnlicher Abrundung wie der menschliche Daumen. Diese Einrichtung wird u. a. in der Aufbereitung häufig zur Hervorbringung einer hin- und hergehenden Bewegung angewendet, z. B. am Pochwerk (s. d.) und am Stossherd (s. Herdarbeit).

Daumendrücker, kleine Hebel am Handwirkstuhle, welche der Arbeiter mit den Daumen bewegt.

Daumenräder, s. Kettenräder.

Daumenverzahnung erstrebt, möglichst starke Zähne zu bilden, welche in der einen Richtung günstig arbeiten. Die arbeitenden Flanken sollen durch Cykloiden, die Rückflanken durch Evolventen gebildet werden, deren Grundkreisradius 0,8 vom Teilkreisradius ist (Reuleaux, Der Konstrukteur).

Daumenzange, s. Greifzeuge.

Davey-Kompressor, s. Luftkompressoren.

Daveys Dampfmotor, s. Kleindampfmaschinen.

Daveys Pulver. Ein Gemenge von Kaliumchlorat, -nitrat, -bichromat, Ferrocyankalium und Schwefelantimon. Ohne Bedeutung.

Davis' Quadrant. Der aus zwei Sektoren bestehende Sonnenquadrant des englischen Kapitäns John Davis (1550—1605) diente in der Nautik zum Messen der Sonnenhöhen über der Kimm. Dieser „Backstaff" der Engländer (der englische Quadrant der anderen seefahrenden Nationen) und ähnliche Instrumente wurden im vorigen Jahrhundert nach Erfindung brauchbarer Spiegel-(Reflexions-)Instrumente rasch verdrängt und sind heute ganz ohne Bedeutung.

Litteratur: [1], [2] Gelcich, Studien über die Entwicklungsgeschichte der Schiffahrt etc., Laibach 1882, S. 72; Geschichtl. Entwicklung der nautischen Winkelmessinstrumente, Lussinpiccolo 1885. — [3] Breusing, Die nautischen Instrumente bis zur Erfindung des Spiegelsextanten, Bremen 1890, S. 42—44. — [4] Wolf, Handbuch der Astronomie, II, 1, Zürich 1892, S. 52—53, u. s. f. *Hammer.*

Davit nennt man kranartige Ausleger an Bord der Schiffe, an welchen die Beiboote geheisst und gefiert werden — Bootsdavits — oder die Anker an Deck genommen werden — Ankerdavits — und zwar Katt- und Fischdavit. Die Davits werden meist aus Rundeisen geschmiedet und gebogen, grössere Davits werden auch als Blechträger gebaut. Sie ruhen in den Davitspuren und werden durch Davithalter geführt. *Tj. Schwarz.*

Davy'sche Sicherheitslampe, s. Geleucht.

Dead weight-Tonnengehalt, s. Schiffsvermessung.

Déblai (Abtrag), s. Erdarbeiten.

Deblockiren, Aufheben des Verschlusses einer Blockeinrichtung zum Zweck der Freigebung von Eisenbahnsignalen, Weichen u. s. w. S. Blockeinrichtungen.

Debourreur, s. Seidenspinnerei.

Debuskop, Debüskop, von Debus herrührende Form des Kaleidoskops.

Dechargengallerie, s. Festungsbau.

Dechlorisiren ist derjenige nach dem Bleichen des Papierzeugs mit Chlor auszuführende Prozess, durch welchen etwa noch im Zeuge vorhandenes freies Chlor unschädlich gemacht werden soll, was durch Auswaschen und durch das Chlor bindende, Antichlor genannte Substanzen zur Ausführung kommt; s. Bleichen, Papierfabrikation.

Dechseln oder Dexeln, auch Kappen der Bahnschwellen, Herstellung der für die Aufnahme der Schienen erforderlichen, etwas geneigten Fläche auf den Holzschwellen; war früher üblich, wird aber jetzt durch Anwendung von Unterlagsplatten mit geneigter Oberfläche vermieden, um die Schwellen zu schonen. S. auch Oberbau.

Décime, im französischen Münzwesen 10 Centimes = 0,1 Frs. = 8,05 Pfg.; seit 1852 aus Bronze, in Belgien seit 1861 aus Neusilber (im Gesetz als „Nickelmünze" bezeichnet), in der Schweiz seit 1851 aus Nickelbronze mit Silberzusatz geprägt. Die französische Legirung ist auch von Italien, Serbien, Rumänien und Bulgarien angenommen worden.

Deck nennt man im Schiffbau die einzelnen Plattformen, welche den Schiffsraum der Höhe nach teilen zur Stauung der Ladung, Unterbringung der Wohnräume, Aufstellung der Geschütze etc. Bei Handelsschiffen bezeichnet man die einzelnen Decks, von unten beginnend, mit Raum- oder Orlog-Deck, Zwischendeck, Hauptdeck, Oberdeck, Brückendeck oder Promenadendeck. Awning- und Sturmdeck sind bei Frachtdampfern leichte geschlossene Decks über dem Oberdeck, um dem Schiffe einen grösseren Freibord zu geben. Bei Kriegsschiffen bezeichnet man die einzelnen Decks mit Plattformdeck, Zwischendeck, Batteriedeck, Oberdeck und Aufbaudeck. Näheres s. Schiffbau. *Tj. Schwarz.*

Deckbaum, ein 4—6 m langes Rundholz, welches beim Eindecken von Stroh- und Rohrdächern, mit Seilen an dem First befestigt, dem Arbeiter als Stützpunkt dient.

Deckeldohle (Plattendurchlass), s. Durchlässe.

Deckelkarden, s. Baumwollspinnerei.

Deckelputzapparat für Karden (Krempeln) in der Baumwollspinnerei, ist eine Vorrichtung zum selbstthätigen Reinigen der Garnituren an den Deckeln der Karden (s. d.). Die hauptsächlich Verwendung findenden Konstruktionen sind die von Wellmann, Rieter, Higgins, Hetherington (Nies, 2. Aufl., S. 217 ff.,

mit Figuren). Der Apparat hebt die Deckel, einen nach dem andern, oder dreht sie um 180°, reinigt sie, indem die Garniturseite des Deckels an einem andern Stück aufgezogener Garnitur vorbei streicht oder diese durch die Deckelgarnitur hindurch gezogen wird, und stellt schliesslich den Kardendeckel wieder an seinen Platz auf der Maschine. Durch die Anwendung dieser automatischen Apparate wird Zeit gewonnen, weil das Ausstossen von Hand länger dauert, und an Arbeitskräften gespart. Die Vorrichtung muss an allen Karden existiren, welche als arbeitende Organe Deckel haben. *Bosshard.*

Deckelriemen werden die in der Papierfabrikation, bei der Langformpapiermaschine die Breite des Papiers begrenzenden, sich in gleicher Geschwindigkeit mit dem Metalltuch weiter bewegenden, aus Kautschuk oder mit Kautschuk getränkten Baumwollstreifen bestehenden Bänder genannt; s. Papierfabrikation.

Decken. Zwischendecke. Jene Baukonstruktion, welche eine Gebäudeabteilung (Zimmer, Saal etc.) nach oben abschliesst, bezw. zwei über einander liegende Stockwerke oder Geschosse (Etagen) trennt. Die Decke des untern Geschosses trägt zugleich auch den Fussboden des darüber liegenden Stockwerkes. Nach der allgemeinen Hauptform unterscheidet man ebene und gekrümmte (gewölbte) Decken. Jede Decke wird ausser durch ihr Eigengewicht auch noch durch die zufällige Belastung des oberen Stockwerkteiles (die sogen. Nutzlast) auf Biegung in Anspruch genommen und ist dem entsprechend in ihren einzelnen Teilen zu berechnen. — Je nach dem Materiale, aus welchem die Hauptteile der Decke bestehen, unterscheidet man Holz-, Stein-, Eisen- und gemischte Decken.

Holzdecken stehen zwar in Bezug auf Dauer, Tragkraft und Feuersicherheit den Stein- und Eisendecken weit nach; da sie aber schnell und billig hergestellt werden können, leicht sind und daher das Mauerwerk nur wenig belasten, so werden sie trotz der obigen Nachteile noch immer fast allgemein bei Wohngebäuden und auch bei Fabrikbauten verwendet. — Die Holzdecken sind zumeist eben und zwar entweder glatt oder kassettirt, seltener gekrümmt. Jede Holzdecke besteht aus einer Balkenlage, dann einer oder mehreren Schalungen und einem Füllmittel (s. Deckenfüllung). Die Balkenlage (Bd. 1, S. 789, vergl. auch Balkenauflager Bd. 1, S. 763, Auswechseln Bd. 1, S. 624, Balken Bd. 1, S. 762) ist der eigentlich tragende Teil. Nähere Angaben folgen bei den einzelnen Konstruktionsarten. Die Deckenschalungen sind flächenförmige Abdeckungen (Verkleidungen) und bestehen aus Brettern oder Bohlen, welche entweder stumpf an einander stossen oder gefalzt sind, manchmal auch über einander greifen, d. h. gestürzt sind. Sie haben den Zweck, die Balkenlage nach unten zu verdecken, nach oben abzuschliessen oder als Auflager für das Füllmittel zu dienen. Die Schalung kann daher entweder an der Unterseite der Balken oder an der Oberseite derselben befestigt oder aber zwischen die Balken (ins Balkenfach) umgeschoben werden (s. Einschubdecken). Die untere Schalung, welche den sogen. Plafond bildet, muss teils aus Schönheitsgründen, teils der Feuersicherheit wegen, verrohrt und verputzt — stukkaturt — werden. Das Füllmittel (s. Deckenfüllung) hat den Zweck, die Durchlässigkeit oder Leitungsfähigkeit für Schall und Wärme zu vermindern. — Die Detailkonstruktion der Holzdecken weicht — wie schon im Artikel Balkenlage auseinandergesetzt wurde — in den einzelnen Ländern sehr von einander ab. Für Deutschland und Oesterreich können als Hauptkonstruktionsformen die nachfolgenden gelten, welche durch die Fig. 1—6 je im Längen- und Querschnitt veranschaulicht werden.

Die einfache Balkendecke, oder ordinäre Sturzdecke (Fig. 1), ist nur für Magazine und Werkstätten anwendbar, wo es nicht stört, wenn man von einem Geschoss ins andere hört und auch sieht. — Für Wohnräume ist dies nicht zulässig; da muss durch Verschalung und Füllung das Durchsehen unmöglich gemacht und die Schalldurchlässigkeit gedämpft, bezw. ganz aufgehoben werden. Dieser Anforderung genügt die verschalte Balkendecke, Sturzbodendecke, auch Tram-


Fig. 1. Einfache Balkendecke.

decke (Fig. 2) mit oberer Schalung für die Füllung, auf welcher dann der Fussboden des Obergeschosses liegt und mit unterer Schalung für den Plafond des unteren Geschosses. In Norddeutschland wendet man statt dieser Konstruktion zumeist die sogen. Windelböden an, welche in die Kategorie der Einschubdecken (s. d.) gehören und deshalb bei diesem Schlagwort besprochen werden sollen. Um die Erschütterung der Trame zu reduziren, wird sehr häufig die schon im Art. Balkenlage erwähnte Kreuzversteifung (Kreuzstackung) angewendet. — Die Dübelbaumdecken, Dübelböden (Fig. 3) sind in Oesterreich speziell für die Decken der obersten Geschosse, welche an den Dachraum anschliessen, vorgeschrieben und zwar in Rücksicht auf Feuersicherheit da sie, — durch ein Ziegelpflaster gegen direkte Inbrandsetzung von oben geschützt — dem Durchschlagen infolge herabfallender brennender Dachhölzer einen sehr bedeutenden Widerstand entgegen setzen. Die Verdübelung der Tragbäume kann auf zwei Arten durchgeführt werden, wie dies im Querschnitt ersichtlich gemacht ist. — Fällböden, Fehlböden (Fig. 4) werden dort angewendet, wo die Erschütterungen des Obergeschoss-Fussbodens sehr heftig sind, so dass sie sich bei den gewöhnlichen Sturzbodendecken bis auf den Plafond fortsetzen würden. Um dies zu verhindern, befestigt man den Plafond nicht an die Haupttragbalken oder Trame, sondern an schwächere — sogen. Fäll- oder Fehltrame, — welche eine zweite Balkenlage in der Deckenkonstruktion bilden und von der Fussboden-Tragkonstruktion ganz unabhängig sind, also durch sie auch nicht erschüttert werden können. Diese Deckenform ist selbstverständlich sehr teuer und erfordert eine grosse Konstruktionshöhe: zwei gewichtige Nachteile, weshalb diese Decken nur selten angewendet werden, höchstens dann, wenn ein reich mit Gipsverzierungen und wertvollen Malereien geschmückter Plafond zu schützen ist. — Kassettendecken (Fig. 5 u. 6) sind nach unten offene, d. h. mit keiner Plafondverschalung versehene Sturzdecken, welche durch eingelegte Querbalken in Quadrat- oder Rechteckfelder (Kassetten) eingeteilt werden. Da diese Deckenkonstruktion nur den Zweck hat, als Dekorationsmotiv des Plafonds zu

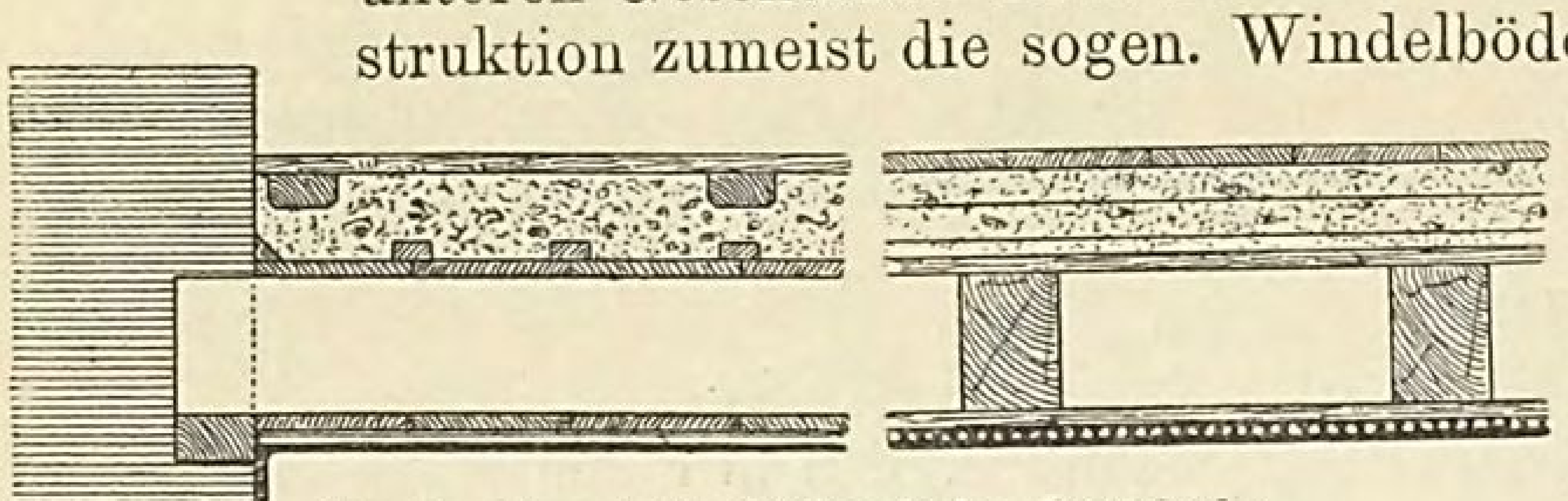


Fig. 2. Verschalte Balkendecke, Tramdecke.

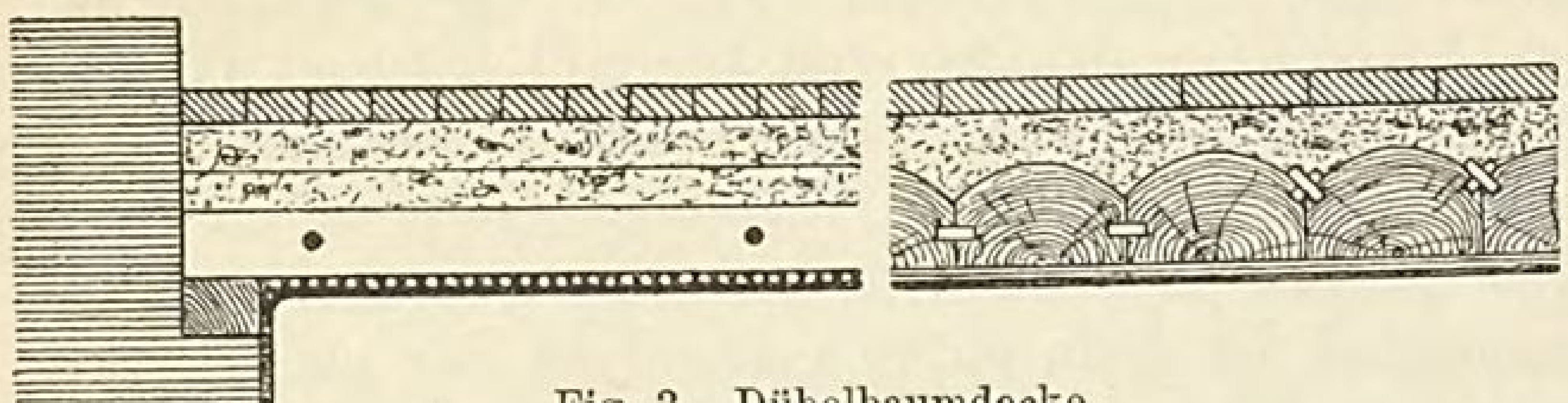


Fig. 3. Dübelbaumdecke.

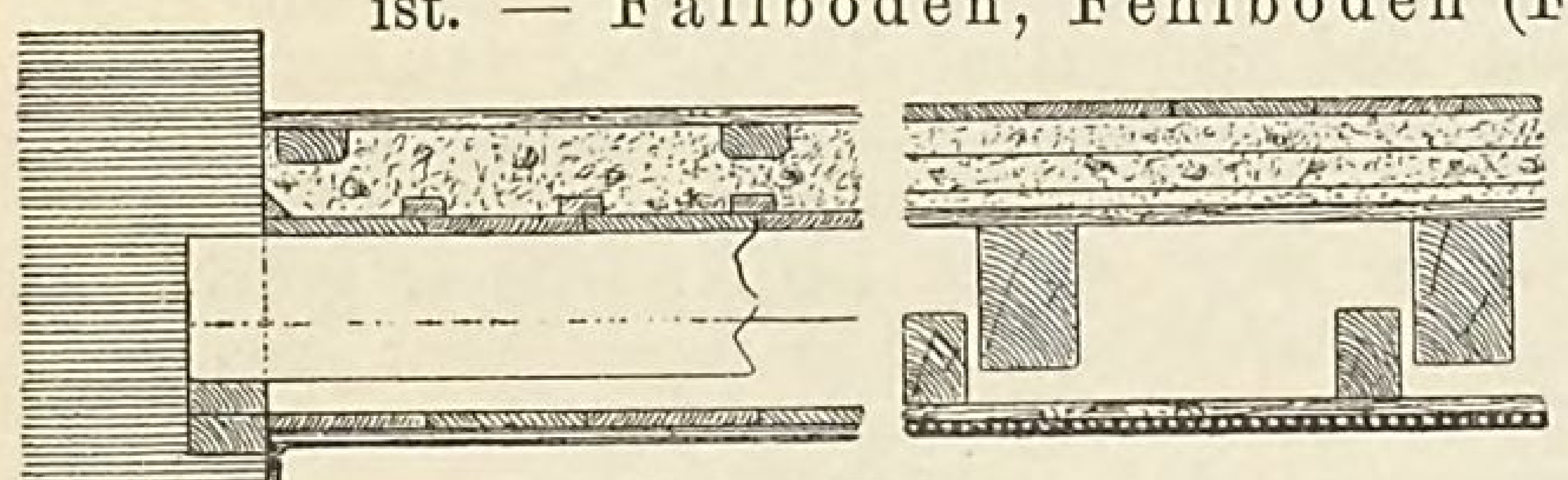


Fig. 4. Fällboden.

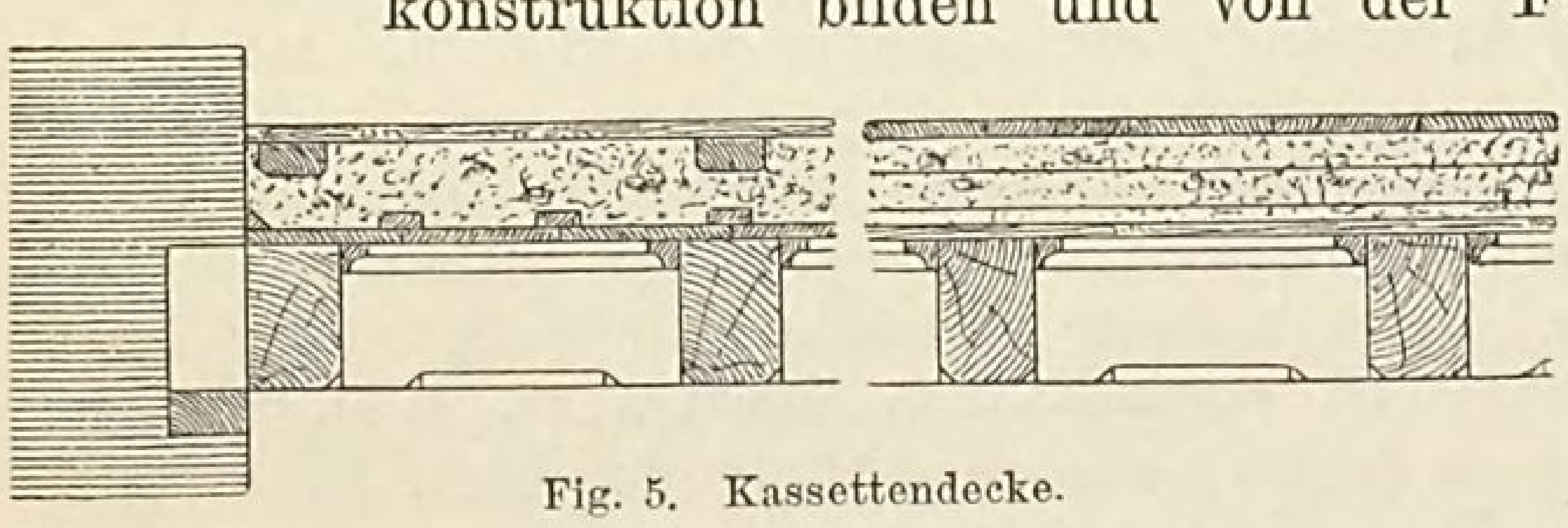
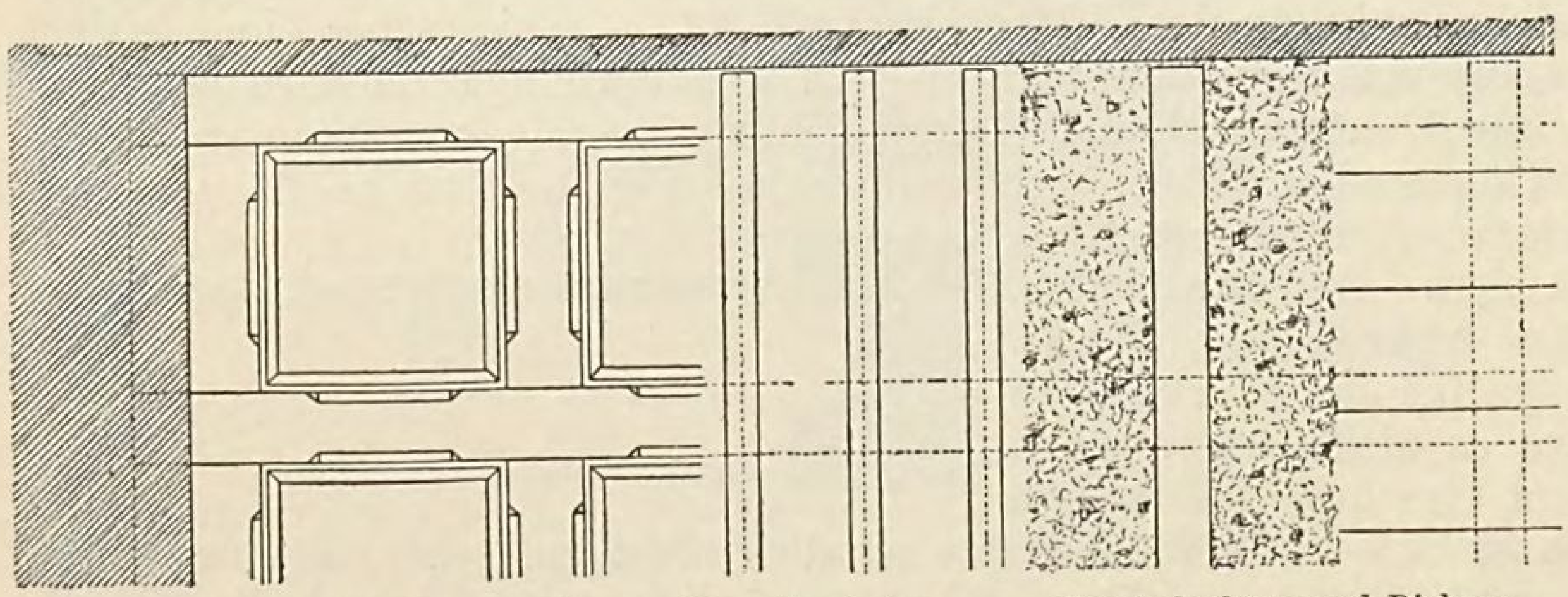


Fig. 5. Kassettendecke.



Ansicht von unten. Fig. 6. Kassettendecke. Fussbodenlager und Dielung.

dienen, so werden die sichtbaren Teile der Balken und Schalbretter entsprechend durch Gliederungen, Anstrich und Stukk etc. verziert. In Fig. 6 ist links die Ansicht des Plafonds von unten gezeichnet, um die Einteilung und Gesamtanordnung der Kassetten zu zeigen. Rechts ist das Fussbodenlager (Schalbretter mit Deckleisten, Füllmaterial mit Polsterhölzern) und die Fussbodendielung dargestellt. — Da die aus Vollholz bestehenden Tragbalken und Querhölzer leicht Kernrisse bekommen, so empfiehlt es sich, dieselben bei besseren Kassettendecken durch entsprechend gegliederte Verschalungen zu verkleiden. — Bezüglich der übrigen Holzdecken sei auf die entsprechenden Artikel verwiesen.

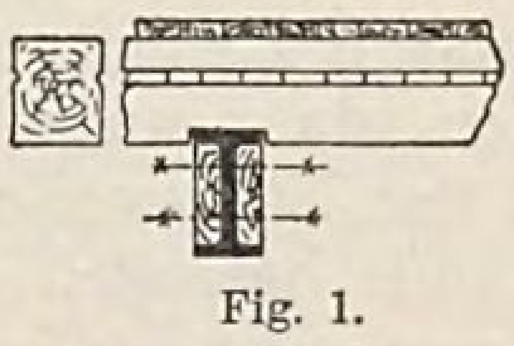
Im nachfolgenden geben wir Mittelwerte für das Eigengewicht der Holzdecken, die auf genauen Gewichtsanalysen beruhen und allgemein gebräuchlich sind. Für weitere Information sei auf die unten angegebene Litteratur, das Gewicht betreffend, vornehmlich auf die unter [1], [5], [15], [16] angeführten Werke verwiesen.

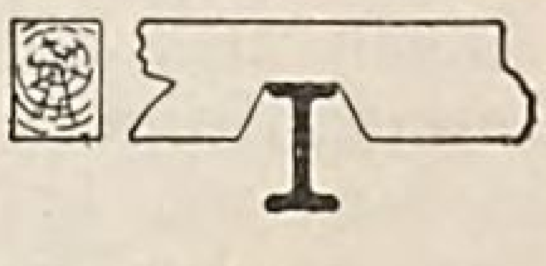
Eigengewicht der Holzdecken	kg pro 1 qm
Einfache Balkendecke (Fig. 1) .	50—80
Gewöhnlicher Tramboden mit 8 cm starker Füllung (Fig. 2)	240
Gewöhnlicher Dübelboden mit 8 cm Füllung und Holzdielung	300
Gewöhnlicher Dübelboden mit 8 cm Füllung und liegendem Ziegelpflaster für Dachbodenräume (Fig. 3)	350
Fehlboden mit 8 cm Füllung (Fig. 4)	260—270
Kassettendecke mit 8 cm Füllung, ohne Stukk (Fig. 5)	210

Litteratur; [1] R. Gottgetreu, Lehrbuch der Hochbaukonstruktionen, 2. Teil, Berlin 1882. — [2] G. A. Breymann, Allgemeine Baukonstruktions-Lehre, 2. Teil, Stuttgart 1881. — [3] Deutsches Bauhandbuch, Bd. 2, 1. Hälfte, Berlin 1880. — [4] O. Mothes, Illustrirtes Baulexikon, 4. Aufl., Leipzig 1884. — [5] G. Wanderley, Handbuch der Baukonstruktions-Lehre, Bd. 1, 3. Aufl., Karlsruhe 1887. — [6] O. Schmidt, Abriss des Hochbaues, Leipzig 1880. — [7] W. Frauenholz, Eisenkonstruktions-Lehre für Ingenieure, 2. Teil, München 1876. — [8] J. Michel, Praktische Baugewerkslehre, Wien 1870. — [9] Ders., Theoretisch-praktisches Kompendium des Hochbaues, Wien 1881. — [10] R. Hand, Oesterreichisch-ungarischer Bauratgeber, Wien 1894. — [11] G. Gugitz, Neue und neueste Wiener Baukonstruktionen, Wien 1881. — [12] Riewel u. Schmidt, Bautechnische Vorlageblätter, 2. Aufl., Wien. — [13] J. Rothe, Vorlagen für Bau- und Möbeltischler, 1. Serie, 2. Aufl., Wien 1892. — [14] F. Heinzerling, Die angreifenden und widerstehenden Kräfte der Brücken- und Hochbaukonstruktionen, 2. Aufl., Berlin 1876. — [15] Taschenbuch der Hütte, 15. Aufl., Berlin 1893. — [16] Wochenschrift des österreichischen Ingenieur- und Architekten-Vereins, Wien 1889.
Guzmann.

Decken aus Stein bezw. Mauerwerk, s. Gewölbe, wozu in diesem Falle auch die Betongewölbe, Monier-Gewölbe etc. zu rechnen sind, soweit sie nicht zwischen Eisenbalken liegen; die letzteren Konstruktionen sind im nachfolgenden aufgenommen.

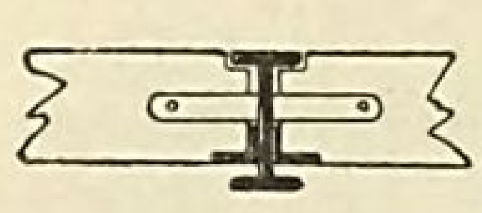
Decken aus Eisen und solche gemischter Konstruktionen: aus Eisen und Holz, Eisen und Stein, Beton etc. werden in neuerer Zeit wegen der längeren Haltbarkeit und grösseren Feuersicherheit vielfach angewendet. Da bei den Hochbaukonstruktionen in den meisten Fällen die Bedingung zu erfüllen ist, möglichst niedrige Träger anzuwenden, damit die lichte Höhe nicht zu sehr eingeschränkt wird [1], so kann leicht eine Durchbiegung stattfinden, welche das zulässige Mass überschreitet. Im allgemeinen verwendet man bei geringeren Lasten Doppel-T- oder U-Träger; bei grösseren Lasten greift man zu genieteten Trägern, bei welchen man eine Beanspruchung auf Zug von 10 kg per qmm rechnen kann, während bei Walzeisen nur 8,5 kg per qmm zulässig sind. Die wichtigsten der im gewöhnlichen Hochbauwesen vorkommenden Fälle der Verwendung von eisernen Trägern für Deckenkonstruktionen

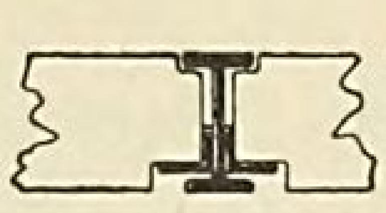

Fig. 1.

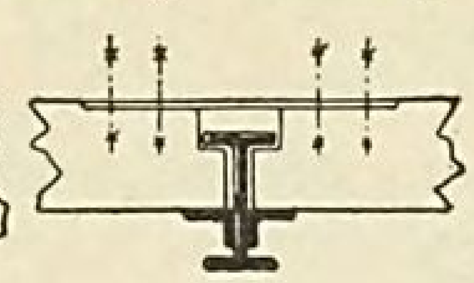

Fig. 2.

sind folgende: 1. Eiserne Unterzüge für $^1/_2$ oder 1 Stein starke Wände; hier wird entweder ein der Belastung und Spannweite entsprechender gewalzter I-Träger angewendet, oder es werden zwei gekuppelte durch Stehbolzen (s. d.) mit einander verbundene I-Träger gebraucht. 2. Decken mit hölzernen Balken und eisernen Unterzügen. Fig. 1 zeigt eine Holzdecke mit halben Windelboden, bei welcher die Balken auf dem oberen Flantsch des Unterzuges aufgelegt sind. Soll der Unterzug weniger gegen die Deckenfläche vorstehen, so kann der Kamm, unbeschadet der Tragfähigkeit, so weit vertieft werden, dass der Balken

an der Auflagerstelle bis auf etwa $^3/_5$ der Höhe (Fig. 2) verschwächt wird [2]. In Fig. 3—5 sind einige übliche Konstruktionen vorgeführt, bei denen der Unterzug wenig (Fig. 3 und 5) oder gar nicht (Fig. 4) vorsteht. Das Auflager für die Holzbalken wird durch an die Unterzüge angenietete Winkeleisen bewirkt. Der grösseren Sicherheit wegen ist bei Fig. 3 noch eine Verschraubung der beiden Balken durch ein den I-förmigen Unterzug durchdringendes Flach- oder Bandeisen bewirkt.


Fig. 3.


Fig. 4.


Fig. 5.

Müssen bei stärkerer Belastung hohe genietete Träger verwendet werden, so gestalte man die Decke gewölbförmig, um die tragenden Teile zu verdecken. 3. Decken mit eisernen Balken und eisernen Unterzügen. Wenn auch prinzipiell nichts im Wege steht, hier dieselben Konstruktionsweisen wie unter 2. (mit Ausnahme von Fig. 2) anzuwenden, so benützt man doch dem Material entsprechend zweckmässig andere Konstruktionen, besonders dann, wenn Wellblech oder Belageisen (s. F a s s o n e i s e n) zur Verwendung kommt. Als Beispiel für eine leichte Decke mit eisernen Balken und Unterzügen diene Fig. 6; bei dieser Konstruktion wird die Verbindung der beiden I-Träger durch angenietete Winkeleisen hergestellt. Werden statt der Nieten Schrauben verwendet, so empfiehlt es sich, zur Unterstützung der Balken kleine horizontale Winkeleisen an die Unterzüge anzunieten, auf denen dic Verbindungsbalken (I-Träger) ruhen. Fig. 7 zeigt eine häufig

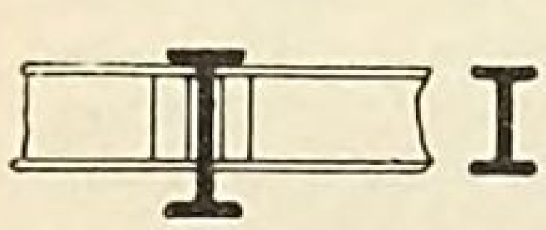
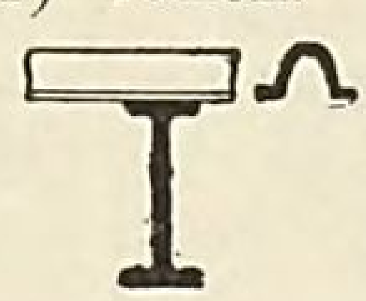
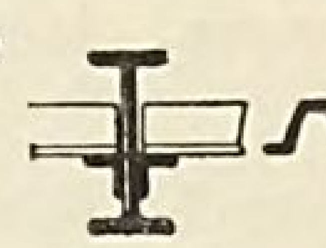
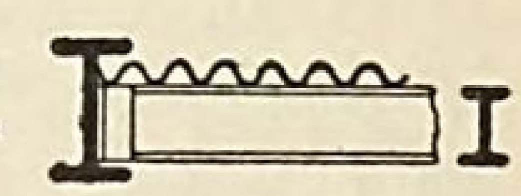

Fig. 6.


Fig. 7.


Fig. 8.


Fig. 9.


Fig. 10.

vorkommende Deckenkonstruktion, bei der an Stelle der Balken ein Gewölbe aus Steinen getreten ist. Zum Mauern dieser Gewölbe benützt man zweckmässig poröse oder Lochsteine, um das Gewicht der Decke nicht unnötig zu vergrössern. Man hat dann allerdings den Nachteil einer bogenförmigen Decke, aber den Vorteil grösserer Feuersicherheit. Hierher gehören in erster Reihe die amerikanischen Konstruktionen, welche vollkommen feuersicher und vermöge der zur Anwendung gebrachten hohlen Wölbsteine nicht zu schwer sind [3]. Besondere Beachtung verdienen in dieser Beziehung auch die durch D. R. P. Nr. 70873 dem Stadtbaurat Wiegen zu Glogau patentirten Wölbsteine, welche nicht nur eine sehr gute Isolirung bewirken, sondern auch oben und unten ebene horizontale Begrenzungsflächen trotz der Wölbungen ermöglichen. An Stelle der durch I-Träger gebildeten Balken verwendet man bei leichteren Decken gerne Belageisen, die man entweder unmittelbar auf den Unterzug auflegt (Fig. 8) oder zweckmässiger zwischen den Unterzügen anordnet (Fig. 9), so dass mittelst an die I-Träger angenieteter Winkeleisen das Auflager für die Belageisen gefunden wird. Um die zwischen den Balken bleibenden Zwischenräume auszufüllen und ein sicheres Lager für die Deckenfüllung zu gewinnen, wird in jüngster Zeit bei den verschiedensten Konstruktionen auch das Wellblech mit Vorteil benützt (Fig. 10). — Um ohne genaue statische Berechnung der Deckenträger einen Anhalt über die Höhe und Entfernung der einzelnen Balken zu bekommen, muss berücksichtigt werden, dass unter Festhaltung der höchsten zulässigen Durchbiegung von 1 : 600 der Stützweite die freie Länge eines Trägers höchstens das 20fache der Trägerhöhe betragen darf. Daraus folgt, dass einer Balkenhöhe von 150, 200 bezw. 250 mm eine Entfernung der Unterzüge von 3, 4 bezw. 5 m entspricht. Bei Berechnung der Decke muss die zusätzliche Belastung per qm zu Grunde gelegt werden; selbstverständlich ist dieselbe je nach Art des Gebäudes sehr verschieden. Nach der Erfahrung ergibt sich für Wohnräume im Mittel 250 kg, für Tanzsäle mindestens 400 kg und für Werkstätten, je nach Zweck, 300—1800 kg per qm. Die besten Angaben über die Eigengewichte und über die Berechnung der am häufigsten vorkommenden Decken finden sich in [1].

Litteratur: [1] Scharowsky, Musterbuch für Eisenkonstruktionen, 2. Aufl., Bd. 1, Berlin 1892. — [2] Breymann, Baukonstruktionslehre, 5. Aufl., Bd. 3, Leipzig 1890. *Hoch.*

Beträgt die Entfernung der zu Deckenkonstruktionen verwendeten Träger nicht mehr als ca. 80 cm und ist eine feuersichere Decke sowie eine grosse Steifigkeit derselben verlangt, so empfehlen sich Decken aus Stampfbeton. Die Dauerhaftigkeit solcher Decken während eines Brandes erhöht man durch Ummantelung der unteren Flantschen der I-Träger (Fig. 11). Für grössere Spannweiten, insbesondere in Fabrikgebäuden, werden auch häufig die Monier-Decken (vergl. Monier'sche Bauweise) verwendet; man fertigt sie an Ort und Stelle an. Nachdem die Eisenträger bis zur oberen Kante eingeschalt sind, wird das Eisengeripe, welches je nach der Belastungsbeanspruchung aus Rundeisenstäben von 5—10 mm Dicke besteht, in Maschen von 80—100 qcm über das ganze Stockwerk geflochten und in einer Stärke von 5—6 cm mit Zement umgeben. Eine auf diese Art hergestellte Decke bildet eine einzige Zementplatte über das ganze Stockwerk. — Bei der in Fig. 12 angegebenen Geflechtsstärke und einer Dicke des Bodens von 5 cm ist die Tragfähigkeit bei einer Entfernung von 1 m von Träger zu Träger (Fig. 13) mit 3000 kg pro qm baupolizeilich festgestellt. Grössere Beanspruchungen und Spannweiten bedingen stärkere Eiseneinlagen; es empfiehlt sich jedoch aus ökonomischen Gründen, diese Decken nicht über 2,50 m Spannweite auszuführen [4]. Sie sind von relativ geringem Eigengewicht, durch die Drahteinlage sehr widerstandsfähig gegen Stösse und befähigt, bei längerem Schadenfeuer den unvermeidlichen Deformationen der I-Träger zu folgen. — Eine ähnliche Deckenkonstruktion bietet das System Holzer (D. R. P. Nr. 78498) [5], bei welchem die auf die unteren Flantschen der I-Träger gelegten, ca. 20 mm hohen L- oder T-Eisen (in Fig. 14 mit *T* bezeichnet), eine Rohrmatte zwischen sich und einen ca. 3 mm starken verzinkten Rundeisenstab aufnehmen, auf welche, nachdem die Befestigung durch verzinkten Bindedraht stattgefunden hat, Zementmörtel aufgebracht wird. Ueber diesen kann dann die Deckenfüllung etc. gelegt oder Beton bis zum Fussboden aufgetragen werden. Verschiedene derartige Konstruktionen finden sich in [5] angegeben; erwähnt sei nur, dass die Holzerdecken billiger und leichter sind als Monier-Decken, und dass sich der Deckenverputz besser herstellen lässt wegen des unmittelbaren Anschlusses an das Rohrgewebe. — Neuerdings werden auch Decken im Mauerwerk mit Eiseneinlagen hergestellt, wie in Fig. 15 und 15a, bezw. 16 und 16a gezeigt ist. Im ersteren Falle sind zwischen die Stossfugen der die Decke bildenden Backsteine oder Tuffsteine runde Drähte *D* gelegt, die als Halter dienen; im andern Falle liegen unter den Fugen der Backsteine kleine T-Träger, die auf der unteren Flantsche des

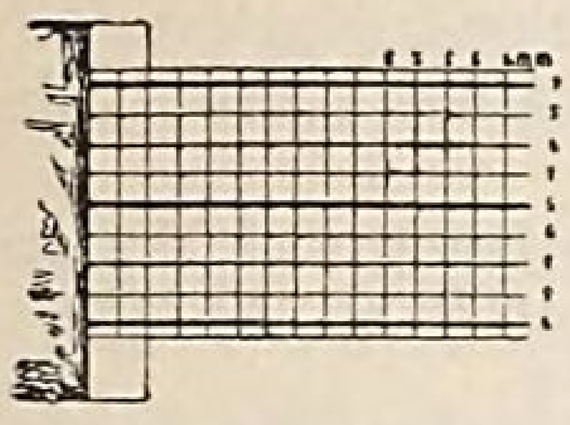


Fig. 12.

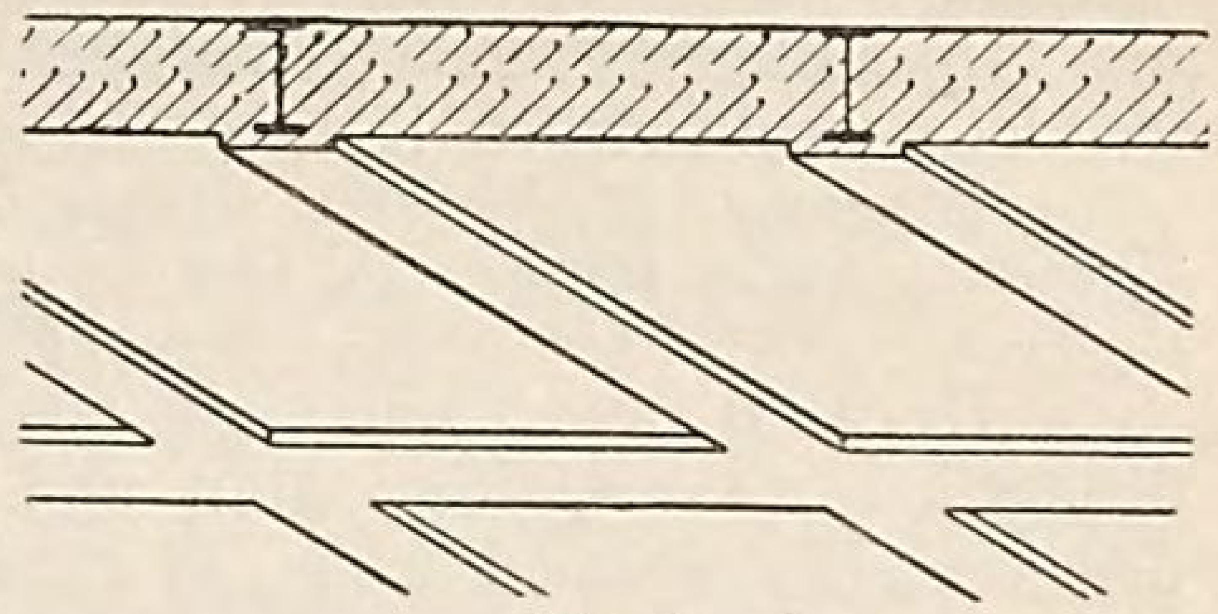


Fig. 11.

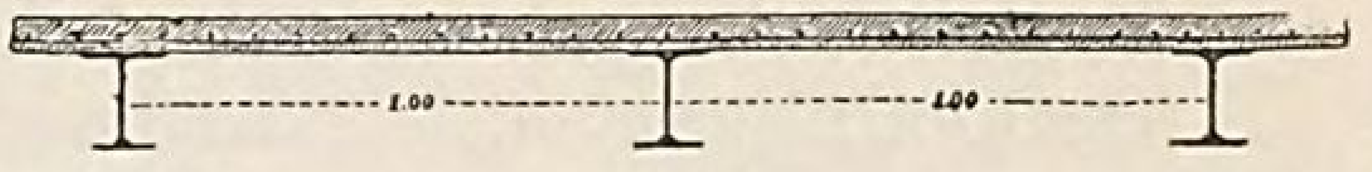


Fig. 13.

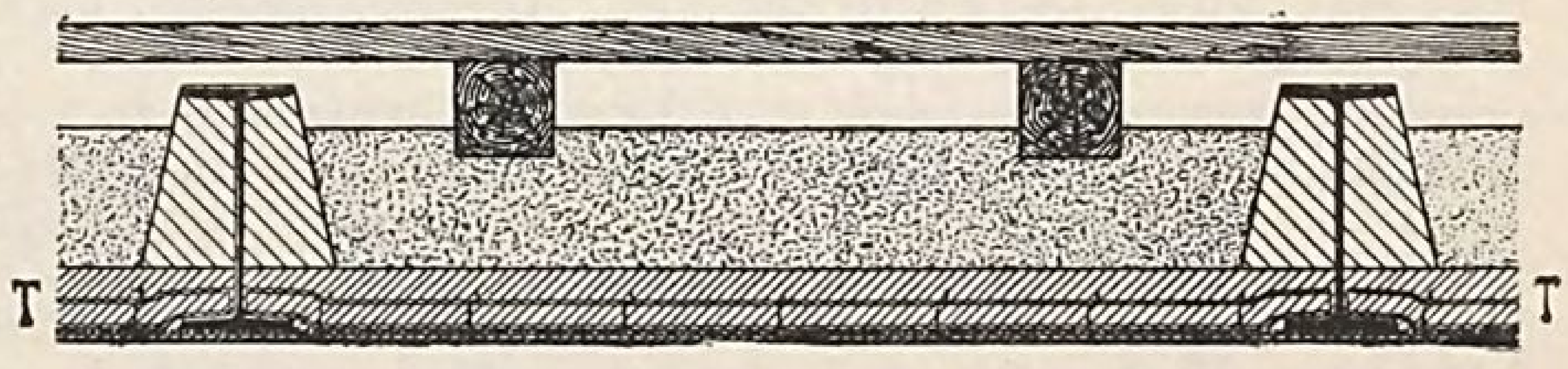


Fig. 14.

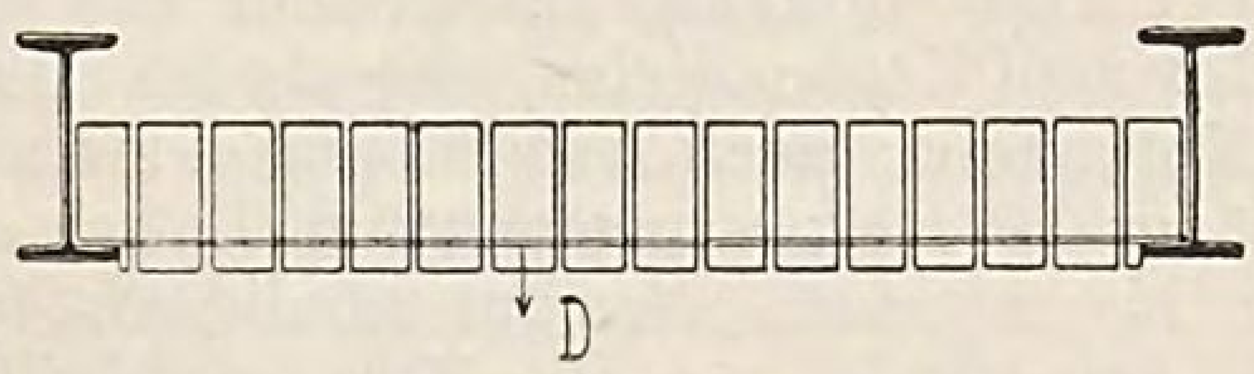


Fig. 15.

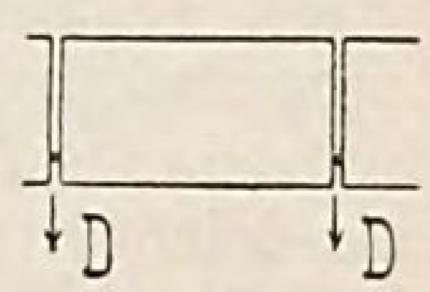


Fig. 15 a.

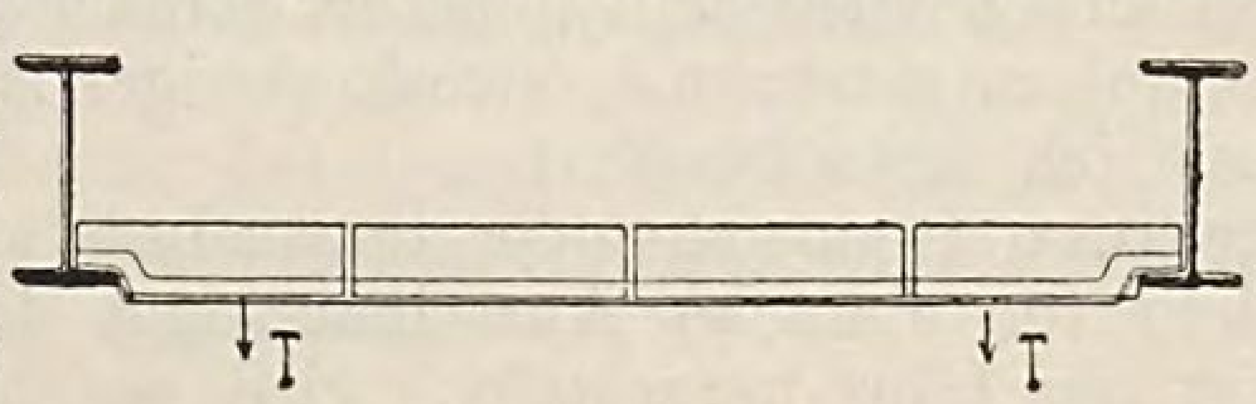


Fig. 16

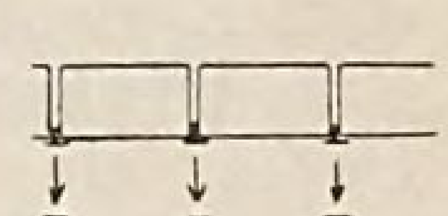


Fig 16 a.

Hauptträgers aufliegen. Den Monier- und Holzerdecken gegenüber sind sie zwar weniger elastisch, aber sehr widerstandsfähig und werden wegen der einfachen Ausführung und der Ersparnis an Füllmaterial, die sie ermöglichen, mit Vorliebe im Wohnhausbau angewendet [6]. Zu Zwischendecken zwischen eisernen und Holzträgern werden auch besondere Fabrikate, wie Zementdielen, Spreutafeln und Gipsdielen verwendet, worüber unter diesen Stichworten und bei Einschubdecken nachzusehen ist.

Litteratur: [4] Wayss u. Freitag, Bauten in Stampfbeton, Monier-Beton und Monier-Mauerung, Berlin 1895. — [5] Dies., Das System Holzer, Neustadt a. H. 1895. — [6] Wayss, G. A., Die Monier-Mauerung, Berlin 1895.

Decken, aus Tuch, meist aus Baumwollkette und Streichwollschuss, ausserordentlich mannigfaltig, glatt und velourartig, gemustert und ungemustert, in den verschiedensten Farben, in verschiedener Stärke, weich oder härter appretirt, auch kotzenartig hergestellte Gewebe, welche als Schlaf-, Reise-, Pferd- und Stubendecken und selbst als Mäntel in Verwendung kommen; s. Tuchfabrikation.

Deckenbetrieb der Strassenunterhaltung nennt man im Gegensatz zum Flicksystem die periodische vollständige Erneuerung der Decklage, welche ebenso wie bei Neubauten geebnet und abgewalzt wird. S. Strassenunterhaltung.

Deckenfach, s. v. w. Balkenfach.

Deckenfüllung, d. h. Ausfüllung der Balkenfache oder Zwischendecken, erfolgt zur Schalldämpfung und zur Verhinderung unerwünscht rascher Wärmeleitung zwischen den durch die Decke getrennten Räumen. Die Ausfüllung soll möglichst leicht, unverbrennbar, wenig hygroskopisch, nicht schwammbildend, ungezieferfrei und, wenn nicht schon beim Einfüllen trocken, rasch auftrocknend sein.

Diese Eigenschaften besitzen nicht: die zwischen Streifboden und Fussboden eingebrachten Ausfüllungen mit Torf oder Torfmull (stark hygroskopisch), Erde (unrein, feucht, übelriechend), Spelzspreu (leicht, aber ungezieferführend, bei nicht zu vermeidender Befeuchtung Modergeruch verbreitend), Bauschutt und Kohlenschlacken (unrein, mit organischer Substanz vermischt, feucht). Ebenso unbrauchbar zum Auffüllen über Streifböden sind Mischungen aus Gips mit Sand, Schlacken, Spreu, Sägespänen etc., besonders wenn nass eingebracht. Dagegen sind zulässig die Ausfüllungen mit trockenem, reinem Quarzsand, mit Bimssand aus dem Neuwieder Becken, mit gut getrockneter, granulirter Hochofenschlacke oder Koksgries, mit Korkabfällen (gut, aber teuer), Kieselguhr (ebenso) und mit reinem Lehm, wenn dieser genügend austrocknen kann. Bis in die neueste Zeit ist auch der sogen. Schirm oder Wickeln im Gebrauch, d. h. die Ausfüllung der Deckenfache durch gekreuzte oder einreihig gesetzte, in Nuten der Balken abgesteifte, mit nassem Lehm, Hafer- oder Gerstenstroh umwundene Holzstücke, oben mit nassem Lehm und Sand, unten mit Lehmverstrich abgeglichen; die Methode ist bewährt, aber das unerlässliche Austrocknen nimmt viel Zeit in Anspruch.

Bei soliden Bauten und insbesondere dann, wenn die eingangs erwähnten Eigenschaften der Deckenfüllung mit rascher Herstellungsweise verbunden sein sollen, verwendet man Zementdielen, Gipsdielen (Schilfbretter), hohle Gipstafeln (Spreutafeln), Korksteine; auch Auswölbungen zwischen den Balkenfachen, wobei die Steine auf längs der Balken angenagelten Latten aufliegen, sind im Gebrauche. Am leichtesten, biegungsfest, sehr gut schalldämpfend und schlecht wärmeleitend sind die hohlen Gipstafeln von Dr. Katz in Waiblingen (D. R. P. Nr. 52 725); die Korksteine von Grünzweig & Hartmann in Ludwigshafen sind ebenfalls sehr leicht, aber relativ teuer und weniger biegungsfest. Zementdielen sind schwerer, ebenso Auswölbungen. Alle diese Materialien ersetzen nicht allein die Deckenfüllung, sondern auch den Streifboden. Auf hölzernen Streifböden bringt man da und dort auch Beton aus Zement und leichten Schlacken als Füllung auf, was — wenn der Beton gut ausgetrocknet, zweckmässiger ist; ähnlicher Beton mit Gips statt Zement hat sich nicht bewährt.

Deckengesims, trennende oder tragende Gliederung zwischen Wand und Decke, ein schon für einfache Ausschmückung der Innenräume wesentliches Bauglied. Meist aus Gips hergestellt, wird es entweder an der Decke selbst oder nahe unter derselben angebracht und mittelst Schablonen, die an dem Schlitten befestigt sind, auf einem Lattengang gezogen. Für stark ausladende Gesimse ist 1. eine Vormauerung oder 2. eine Einlage von Rohrbäuschen oder 3. eine Lattenunterlage auf Brettstücken befestigt anzuordnen. Die Eigenart

der Lichtwirkung in Innenräumen, welche durch Rückstrahlung vom Boden her entsteht, lässt eine häufige Anwendung von Kehlen, gekrümmten Flächen und scharfen Unterschneidungen geeignet erscheinen. *Weinbrenner.*

Deckenkehlung, Kehlbildung zwischen Wand und Decke. Wenn es sich schon empfiehlt, zur leichteren Reinhaltung der Wände die scharfen Winkel, in welchen sich Unreinlichkeiten, Keimpilze von ansteckenden Stoffen ansammeln und sich schwer entfernen lassen, durch abgerundete zu ersetzen, so ist dies besonders ratsam am Uebergang von Wand zur Decke. Hier kann dann ausserdem durch Ausbildung des Winkels zu einer flachen Kehle mit abschliessendem Glied eine wirksame Hebung des Deckenfeldes erreicht werden. *Weinbrenner.*

Deckenmalerei, farbige Ausschmückung von Deckenflächen aller Art; dieselbe dient dazu, einen der wichtigsten Teile des Innenraums, den obersten Abschluss mit der Gestaltung der übrigen Teile harmonisch zu verbinden und auszubilden. Von den einfachen Linienverzierungen schablonirter Arbeit, von den durch Stukkrelief und Deckenrosetten lebhafter ausgestalteten farbigen Decken, bis zu den von den ersten Künstlern aller Zeiten gemalten Decken (Sistina, Farnesina) liegt ein weites Feld der Ausbildung. Die reichste Entfaltung fand die Deckenmalerei in den der Hochrenaissance folgenden Stilperioden.

Deckenputz wird aus Kalk- oder Gipsmörtel erstellt. I. Bei Holzgebälken ist dieser Putz in gleicher Weise wie Holzwandputz herzustellen. Um die Bewegung des Holzes für den Auftrag unschädlich zu machen, ist eine Zwischenlage zu bilden, an welcher der Putz seinen Halt findet. Dies geschieht a. durch Rohrung. Schon Vitruv (lib. VII, Kap. 3) gibt an, dass die Rohrung durch zwei über einander liegende, sich kreuzende Schichten von Schilfrohren zu bilden sei. Hierdurch wird erreicht, dass der Mörtel sich hinter die Rohre zieht und so mechanisch haftet. Dies ist noch heute die beste Art. Weniger gut eine einfache Lage Rohre. Zur Befestigung der Rohre liegen die Balken meist zu weit, es ist deshalb als Unterlage eine Schalung aus schmalen (geschlitzten), rauhen Brettern mit nicht zu engen Fugen nötig. Den Halt finden die Rohre durch Drähte, welche in Entfernung von 20—30 cm gespannt und durch Rohrnägel befestigt werden. Um Draht und Nägel gegen Rost zu schützen, sind dieselben zu ölen (frühere Art), besser zu verzinken. Der Auftrag des Mörtels erfolgt in einer Lage von 2 cm Dicke (Fig. 1). b. Durch Rohrgewebe, welche in Fabriken in grossen Flächen nach Mass angefertigt werden. Vorzüge derselben: schöne Gleichmässigkeit der Flächenbildung und rasche Ausführung im Bau. c. Durch Gipslättchen, d. i. tannene Leisten von 7/15 bis 10/20 mm Stärke und 4 bis 6 m Länge, entweder vierkantig oder in Keilform geschnitten (Fig. 2). d. Durch Lattengewebe, gebildet aus zwei mit Draht umsponnenen Lagen von Latten von dreieckigem oder viereckigem Querschnitt, welche dem starken Mörtelauftrag guten Halt geben (Fig. 3 und 4). — II. Auf Eisengebälken mit Backstein- oder Gussmörtel-Zwischenfüllung kommt der gewöhnliche Steinwandputz zur Anwendung. *Weinbrenner.*

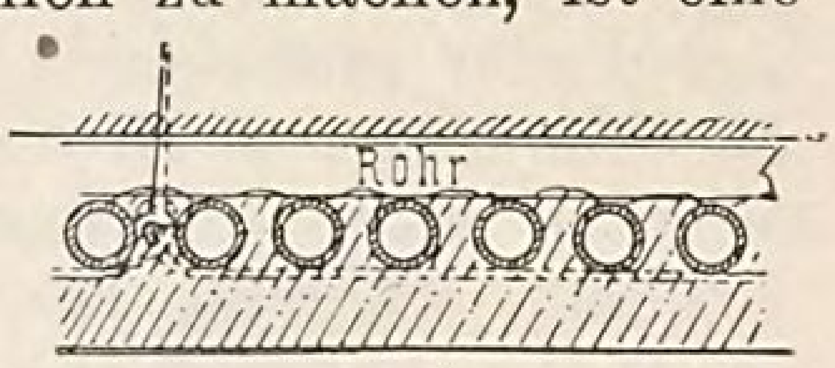
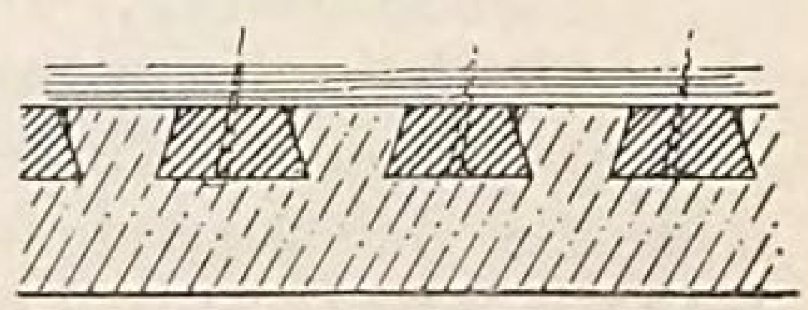
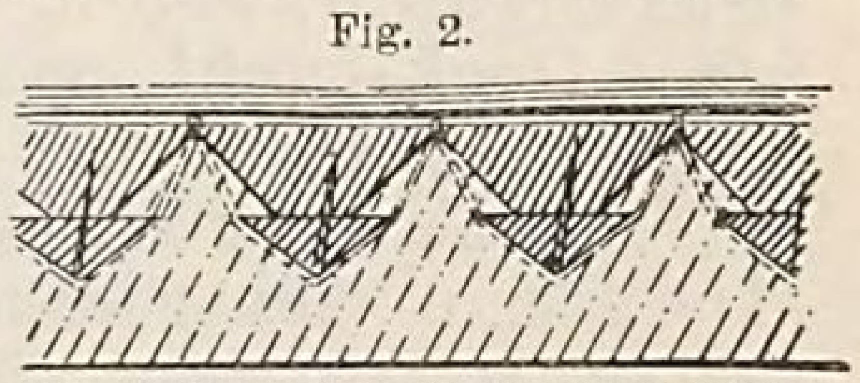
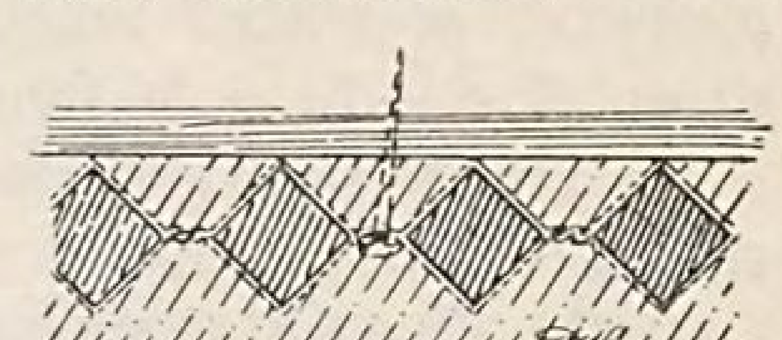


Fig. 1.


Fig. 2.


Fig. 3. Patent H. Kahls, Chemnitz.


Fig. 4. Patent H. Kouble, Berlin.

Deckenriss, 1. Riss oder Aufzeichnung einer Decke mit ihrer Konstruktion oder deren Ausschmückung (meist für grösseren Massstab gebräuchlich); 2. Riss in der Decke, durch Senkung entstanden.

Deckenschalung, s. Decken.

Deckenschalungshalter, s. Fehltram.

Deckenscheiben, s. Gasbeleuchtung.

Deckenstück (im Plafonbild), Deckengemälde im Spiegel oder in den Feldern einer gemalten Decke.

Decken- und Bindematerial, im Eisenbahnbetrieb, haben den Zweck, Gegenstände, welche beim Transport auf offenen Güterwagen eines Schutzes gegen Witterungseinflüsse, sowie gegen die aus dem Lokomotivschornsteine kommenden Funken bedürfen, diesen Schutz zu gewähren. Ueber die zu schützenden Gegenstände werden Decken gelegt, welche am Wagen befestigt werden. Diese Decken werden meist aus Segeltuch hergestellt und durch geeignete Mittel, z. B. durch Ueberziehen mit einer Kautschuklösung, wasserdicht gemacht. Die Verbindung der Decke mit dem Oberkasten wird durch passend angebrachte Ringe und eine Verschlussleine bewirkt. Auch werden Güter, welche auf Plattformwagen gelagert sind, wohl noch durch besondere Teile, als Ketten, Taue u. s. w. befestigt. Das vorstehend genannte Material wird entweder vom Versender selbst oder von der Eisenbahnverwaltung geliefert. In letzterem Falle wird auch wohl eine besondere Vergütung hierfür erhoben. — Da diese Teile in der Regel als lose Wagenbestandteile vorkommen, werden dieselben zweckmässig mit einem Eigentumsmerkmal versehen. *Georg Meyer.*

Deckenverkleidung, s. unter Decken.

Decker, ein Instrument zum Abnehmen der Randmaschen einer Wirkware von den Wirkstuhlnadeln und Aufhängen derselben auf weiter nach innen- oder aussenliegende Nadeln behufs Veränderung der Warenbreite.

Deckernagel, Nagel zur Befestigung von Dachdeckungen in Holz oder Metall.

Deckfarben (Gouache-, Körperfarben), undurchsichtige, die Unterlage, auf welche sie aufgestrichen werden, vollständig oder mehr oder weniger vollständig verdickende Farbkörper, zum Unterschiede von Lasurfarben, welche die Unterlage, z. B. die Textur des Holzes, durchscheinen lassen. Deckfarben erhalten durch Ueberstreichen nach dem Trocknen mit Lasurfarben eine erhöhte Brillanz, während Lasurfarben mit Deckfarben überstrichen, vollständig verschwinden und nur die Deckfarbe zur Wirkung kommt. *Andés.*

Deckfenster, s. Schiffbau.

Deckfleckaufnagelmaschine, stimmt im wesentlichen mit der Absatzaufnagelmaschine überein und richtet sich darnach, ob die den Deckfleck des Absatzes befestigenden Nägel von aussen sichtbar sein sollen oder nicht; s. a. Schuhfabrikation.

Deckfrucht (auch Ueberfrucht genannt) wird bei der Ansaat von Futtergräsern zu dem Zweck verwendet, die jungen, empfindlichen Graspflänzchen vor der schädigenden Wirkung von Hitze und Austrocknung des Bodens zu schützen. Die hierzu verwendeten Pflanzen (Gerste, Hafer u. a.) werden zugleich mit den Wiesengräsern dünn eingesät, müssen jedoch zeitig und jedenfalls vor der Reife geerntet werden, um nicht die inzwischen emporwachsenden Graspflanzen in ihrem Gedeihen zu hemmen. *Drach.*

Deckfuge, deckende Fuge, welche durch Abfälzung oder Spuntung erreicht wird, findet bei Fussbödenschalungen Anwendung.

Deckgebirge, Erddecke über der Lagerstätte nutzbarer Mineralien, welche durch offenen Tagebau abbaubar sind.

Deckgesims, abschliessendes und bekrönendes Gesims kleinerer Bauteile, aus einem oder mehreren Gliedern bestehend, im Gegensatz zu Fussgesims.

Deckgrün (Hamburger Deckgrün, Wiener Deckgrün), s. Chromgrün und Schweinfurtergrün.

Deckkultur (zum Unterschied von Mischkultur), diejenige Kulturmethode zur Urbarmachung von Moorflächen, bei welcher der zur Verbesserung des Moores dienende Mineralboden auf die Moorfläche als Decke aufgebracht, jedoch nicht mit dem unterliegenden organischen Bodenmateriale vermischt wird. Die Deckkultur wurde erstmals rationell ausgebildet durch den Rittergutsbesitzer Rimpau auf Cunrau und wird auch als Dammkultur oder Moordammkultur bezeichnet. Näheres s. unter Moorkultur. *Drach.*

Decklage der Steinbahn bezeichnet die obere Schicht des zur Befestigung der Strassenfahrbahn aufgebrachten Schotters. Bei Vorhandensein einer Packlage (s. d.) besteht die Decklage am besten aus einer einzigen Schicht von 8 bis höchstens 20 cm Stärke mit Steinen gleichmässiger Korngrösse, die

je nach der Härte der Steine zwischen 4 und 6 cm Seitenkante besitzen können. Manche Strassenbaumeister empfehlen zwei Schichten von verschiedener Korngrösse, von welchen die oberen ein feineres Korn haben und aus härterem Material hergestellt werden soll. Bei Mac-Adam-Strassen wird gewöhnlich die obere Schicht in einer Stärke von 6 bis 8 cm aus kleineren und härteren Steinen hergestellt; s. a. Steinschlagpflaster und Strassenbau. *L. von Willmann.*

Deckleiste, s. Fugenleiste.

Deckmaschine, eine Vorrichtung an Wirkmaschinen zur Verminderung oder Vermehrung der Warenbreite.

Deckpeilung, s. Peilung.

Decksand wird in der Geologie ein in der Diluvialzeit entstandener, lockerer, häufig geröllführender Sand oder Grand bezeichnet, welcher nach dem Rückzug der Gletscher auf der Grundmoräne zum Absatz gelangte. Er bedeckt weite Strecken der norddeutschen Tiefebene und zwar deren höhere Flächen.

Decksbalken, Decksbucht, s. Schiffbau.

Deckscheiben, winkelförmige Scheiben mit Gewinden oder Lötzapfen zum Anbringen der Auslaufhähne an der Wand (s. Wandscheiben).

Deckschicht, 1. oberste Schichte einer Mauer, welche sorgfältig ausgeebnet und ins Blei gebracht wird; 2. s. v. w. Gleichung oder Abgleichung (s. d.).

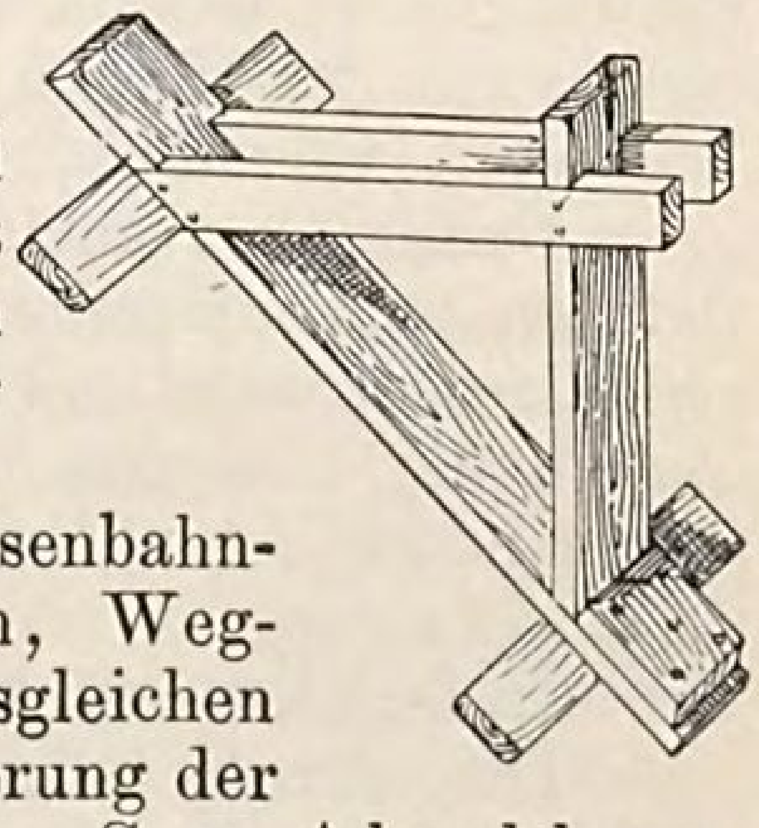
Deckshaus, s. Schiffsvermessung.

Deckspanzer, s. Panzerdeckschiff unter Kriegsschiffstypen.

Decksplanken, Decksplatten, s. Schiffbau.

Deckstein (auch Deckziegel), jeder Stein zur Abdeckung von Mauerwerk bestimmt oder zugerichtet. Für den Ablauf des Wassers ist derselbe mit Wasserschräge und Wassernase zu versehen; auch ist für gute Dichthaltung der Stockfugen Sorge zu tragen.

Deckstringer, Deckstützen, s. Schiffbau.



Deckstuhl, Gerüstbock für Schieferdeckung. Zwei solcher Stühle, mit Seilen an Dachhaken bei der First befestigt, dienen als Auflage für einen Dielen, auf welchem das Deckmaterial aufgeschichtet wird und der Arbeiter seinen Sitz findet (s. Fig.).

Deckungssignale, Signale, mittelst welcher im Eisenbahnwesen besonders gefährdete Stellen, Bahnhofseinfahrten, Wegübergänge, Bahnkreuzungen u. s. w. gesichert werden. Desgleichen bezeichnet man wohl als Deckungssignale, welche zur Sicherung der fahrenden oder auf der Strecke haltenden Züge dienen. — S. a. Abschlusssignal, Absperrsignal, Bahnzustandssignale, Blockeinrichtungen.

Deckverband, Verband eines Belags von Steinplatten oder Backsteinen, in zwei Schichten mit Fugenüberdeckung bei Fussböden oder bei Mauerabdeckung.

Deckwerke nennt man die Schutzbekleidungen der unter Wasser liegenden Flussufer zur Sicherung der Böschungen gegen Rutschungen. Man verwendet zu diesem Zweck Faschinen, Senkwürste und Pflasterung; s. Flussregulirung.

Deckzange, Zange mit breitem und flachem Maul, dient besonders zum Umlegen und Zusammendrücken von Falzen beim Dachdecken.

Deckziegel, s. v. w. Deckstein (s. d.).

Defekte, an den Eisenbahnfahrzeugen (Lokomotiven und Wagen) kommen beim Eisenbahnbetriebe während der Fahrt nicht selten vor. Es kann hierbei der Fall eintreten, dass der Zug beim Vorkommen des Defektes nicht weiter befördert werden kann, vielmehr an der betreffenden Stelle bezw. auf der Strecke liegen bleiben muss. Es ist aber von wesentlicher Bedeutung und auch Pflicht des Zugpersonals, den eingetretenen Schaden, wenn möglich, so weit zu beheben, dass der Zug wenigstens bis zur nächsten Station bezw. Haltestelle befördert werden kann. Um nun die durch Defekte an den Eisenbahnfahrzeugen (Lokomotiven und Wagen) verursachten schädlichen Wirkungen, als Herbeiführung von Unfällen, Verzögerung der Fahrt u. s. w., möglichst zu vermeiden, ist es notwendig, eine andauernde Ueberwachung der Fahrzeuge während des Betriebes stattfinden zu lassen. Es geschieht dieses bei den Lokomotiven und Tendern

durch die Führer und Heizer und zwar zunächst durch den ersteren eingehend im Lokomotivschuppen vor dem Heranfahren an den Zug, sowie später auf allen Stationen beim Halten. Die bei diesen Fahrzeugen im wesentlichen vorkommenden Defekte sind: Bruch eines Teiles des Triebwerks der Dampfmaschine, Bruch einer Axe, Springen oder Losewerden eines Radreifens, Bruch einer Tragfeder, Platzen oder Rinnen von Heizröhren, Heisslaufen von Lagern, Versagen eines Speiseapparates am Kessel u. s. w. Beim Eintritt eines Axbruches ist es meistens unmöglich, den Zug weiter zu befördern; derselbe muss daher liegen bleiben. Ist dagegen eine Tragfeder gebrochen, so ist die Möglichkeit, den Zug mit geringerer Geschwindigkeit noch bis zur nächsten Station zu bringen, meistens vorhanden. Beim Versagen eines Speiseapparates kann hingegen der Zug, vorausgesetzt, dass der zweite Apparat dienstfähig ist, ohne Anstand weiter befördert werden, da ein Apparat zur Versorgung des Kessels mit Wasser ausreicht. Die Ueberwachung der Wagen geschieht im Betriebe durch das beim Zuge vorhandene Wagenpersonal, sowie durch besondere auf den Stationen thätige Beamte. Die Revision durch die Wagenbeamten wird auf den Stationen beim Halten der Züge ausgeführt. Die wesentlichsten hier vorkommenden Defekte sind: Heisslaufen von Axen, Reifensprünge, lose Räder und Reifen, Ax- und Federbrüche, Zerreissen von Kuppelketten u. s. w. Um das Interesse an der Auffindung von betriebsgefährlichen Mängeln an den Eisenbahnfahrzeugen von seiten des Zugpersonals rege zu erhalten, sind für die Auffindung dieser Defekte besondere Prämien ausgesetzt, und zwar ist die Höhe des Geldwertes dieser Prämien je nach der mehr oder weniger schwierigen Auffindung dieser Mängel bemessen. Auch bei den Defekten an den Wagen kann der Fall eintreten, dass der betreffende Wagen nicht weiter befördert werden kann, vielmehr erst lauffähig gemacht werden muss, um bis zur nächsten Station zu gelangen. Bei geringeren Defekten kann auch der Wagen seinen Lauf bis zur Heimatstation bezw. bis zur nächsten Werkstatt vollenden. *Georg Meyer.*

Defibreur, auch Holzschleifmaschine genannt, ist derjenige Apparat, durch welchen das Zerfasern des Holzes behufs Herstellung des in der Papierfabrikation als Surrogat verwendeten Holzzeuges zur Ausführung gebracht wird. Derselbe besteht der Hauptsache nach aus einem rotirenden Schleifstein, an dessen Umfangs- oder Seitenfläche das Holz unter Zuführung von Wasser angepresst wird. S. Holzzeug.

Deflektionsmesser, s. Durchbiegungsmessung.

Deflektor, Schornsteinaufsatz von der Form eines abgestumpften Kegels, besteht in der Regel aus Blech und hat den Zweck, die Belästigung durch Rauch zu verringern; vergl. Lüftung geschlossener Räume.

Deformation der Flächen, im allgemeinen jede stetige Umformung, durch welche eine Fläche in eine andere übergeht. Gewöhnlich versteht man aber unter Deformation die Fähigkeit einer Fläche, sich auf eine andere Fläche durch blosse Biegung ohne Dehnung abwickeln zu lassen. Bei dieser Deformation bleiben der Winkel zweier Flächenkurven, die geodätischen Linien, das Krümmungsmass und die geodätische Krümmung entsprechender Flächenkurven erhalten.

Litteratur: [1] Salmon, G., Analytische Geometrie des Raumes, deutsch von W. Fiedler, 3. Aufl., Bd. 2, Leipzig 1880, S. 303 ff. — [2] Stahl, H. u. Kommerell, V., Die Grundformeln der allgemeinen Flächentheorie, Leipzig 1893, S. 23 u. S. 105 ff. — [3] Darboux, Leçons sur la théorie général des surfaces et les applications géometriques du calcul infinitésimal 3. Partie, Paris 1891, Livre II. *Wölffing.*

Deformationsarbeit, s. Verschiebungsarbeit.

Deformationsellipsoid, Deformationsfläche, s. Dehnung.

Degenrohr, das Saugrohr mancher Abteufpumpen (s. Wasserhebung), welches aus perspektivartig in einander geschobenen Rohren besteht, die sich dem Fortschreiten des Abteufens entsprechend bis zu einem bestimmten Masse allmälich verlängern lassen.

Dégras (Abfett, Gerberfett), künstlich hergestelltes Fettgemisch zum Einfetten von Leder. Man gewinnt es fabrikmässig, indem man billige Rohhäute (Schaf-, Büffelhäute) mit Thran einschmiert und einwalkt und einige Zeit an der Luft liegen lässt. Durch Auspressen erhält man sodann das Abfett als ein

Fett, das durch die Leimsubstanzen der Häute in einen emulsionsartigen Zustand übergegangen ist und sich mit Wasser, Oel und Thran zu einer mehr oder weniger konsistenten Masse mischt. Dégras enthält im Durchschnitt 30—40 % Wasser. Ursprünglich wurde es als Nebenprodukt bei der Sämischgerberei (s. Leder) gewonnen.

Degummiren, die Befreiung der Rohseide von dem anhaftenden Seidenleim und dem Farbstoffe. Man erwärmt die Rohseide mit starker Seifenlösung auf 90°, presst dann aus und kocht mit schwacher Seifenlösung. Die so behandelte Seide wird schliesslich mit reinem, weichem Wasser gespült und dann getrocknet.

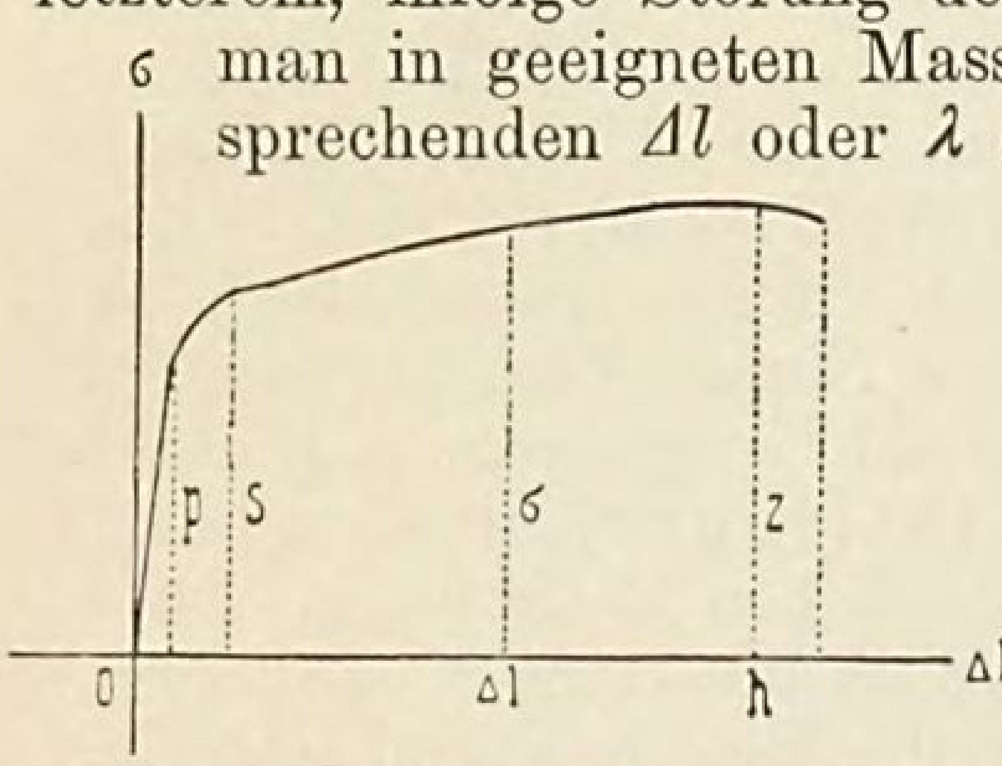
Dehnbarkeit (Duktilität). Alle starren Körper erleiden durch Zug und Druck Formänderungen je nach dem Grade ihrer Härte. Die Formänderungen sind entweder bleibende oder mit den einwirkenden Kräften verschwindende. Im ersteren Falle heissen die Körper plastisch (bildsam, knetbar), im letzteren Falle elastisch. Verbindet sich mit der Plastizität ein genügender Grad von Zähigkeit, von Widerstreben der Teilchen gegen Trennung, so heissen die Körper duktil oder dehnbar. Die Eigenschaft der grösseren oder kleineren Duktilität ist von Stoff zu Stoff und auch in den verschiedenen Zuständen desselben Stoffs sehr verschieden. Zunächst erscheint die Duktilität als eine gewisse Funktion des Atomgewichts (vergl. d. Art. Elemente, chemische); dann hängt dieselbe von der Temperatur ab, meist derart, dass sie mit steigender Temperatur wächst (Eisen und andere Metalle, Glas); ferner ändert sie sich durch die Bearbeitung, indem durch Hämmern, Walzen, Ziehen die Duktilität ab-, die Elastizität zuzunehmen pflegt; durch rasches Abkühlen nimmt die Duktilität ab, die Sprödigkeit zu; bei langsamem Abkühlen erhält sich die Duktilität auch in der Kälte. — Sehr grossen Einfluss haben oft kleine Verunreinigungen und Beimengungen anderer Stoffe, wie z. B. Kohlenstoff, Schwefel, Silicium, Phosphor, bei Eisen und Kupfer. Derselbe Körper erscheint je nach seiner Inanspruchnahme auf Zug oder Druck (Ziehen oder Walzen) oder je nach der Geschwindigkeit der Einwirkung (Hämmern) verschieden duktlil, so dass sich eine Stufenleiter der Duktilität nicht sicher angeben lässt, wie überhaupt ein bestimmtes Mass für diese Eigenschaft der Körper fehlt. Unter den Metallen sind duktil: Gold (Blattgold bis unter 0,01 mm Dicke herstellbar), Silber, Platin (weniger beim Hämmern und Walzen als beim Ziehen), Kupfer, Blei, Zinn, Aluminium, Zink, Eisen u. a., während dagegen Antimon, Wismut, Chrom, Mangan, Wolfram u. a. spröde Metalle sind. Ein ganz besonderes Verhalten zeigt das Zink, das gegossen bei gewöhnlicher Temperatur spröde, bei 205° so spröde ist, dass es sich im Mörser pulvern lässt. Dagegen zeigt es sich bei 100—150° walzbar und bewahrt gewalzt auch nach dem Abkühlen Dehnbarkeit und Biegsamkeit. Aehnlich sind Blei und Zinn nahe bei ihrem Schmelzpunkt spröde. Kupfer ist kalt leichter zu schmieden als warm und Glockenmetall verhält sich umgekehrt wie der Stahl, es wird, glühend rasch abgekühlt, hämmerbar, langsam abgekühlt hart und spröde. Das Nähere über Dehnbarkeit s. bei den einzelnen Körpern, besonders den Metallen und Legirungen. *Aug. Schmidt.*

Dehnung, in der allgemeinen Elastizitätslehre, die Aenderung der Entfernung zweier Punkte per Einheit der anfänglichen Entfernung. Diese Dehnungen sind für beliebige Punkte nicht von der Wahl eines Koordinatensystems abhängig, sondern nur von den Bewegungen der Punkte gegen einander, von der wechselnden Gruppirung derselben; jede sonstige Bewegung der Gruppe ist ohne Einfluss auf sie. Vergl. Verschiebungen und [4] §§ 5, 6. Dehnungsgeschwindigkeiten heissen die Geschwindigkeiten, mit welchen die Dehnungen vor sich gehen, [4] § 7. In der Elastizitätslehre hat man auch hinsichtlich gegebener Körperpunkte m die Dehnungen für alle unendlich benachbarten Körperpunkte n zu untersuchen. Es zeigt sich dann, unter Voraussetzung stetiger Veränderlichkeit mit der Richtung von n ohne Rücksicht auf die Ursachen der Dehnungen, dass die letzteren für drei zu einander senkrechte Richtungen Maxima und Minima erreichen [4] § 22. Diese besonderen Dehnungen werden Hauptdehnungen genannt. Im allgemeinen ergibt sich:

Die Punkte n, welche vor den Verschiebungen auf einer unendlich kleinen Kugelfläche um m vom Radius 1 lagen, liegen nach denselben auf der Oberfläche eines Ellipsoids, für welches die Kugelhalbmesser der den Hauptdehnungen entsprechenden n die Halbaxen und je drei zu einander senkrecht gewesene Kugelhalbmesser konjugirte Halbmesser geworden sind [1] § 15, [2] § 22, [3] § 12, [4] § 27. Diese Ellipsoidfläche wurde Deformationsfläche [4] und bei Beschränkung auf verschwindend kleine Verschiebungen auch Deformationsellipsoid [2], [3] oder Verschiebungsellipsoid [1] genannt.

Litteratur: [1] Clebsch, Theorie der Elastizität fester Körper, Leipzig 1862. — [2] Winkler, Die Lehre von der Elastizität u. Festigkeit, Prag 1867. — [3] Grashof, Theorie der Elastizität u. Festigkeit, Berlin 1878. — [4] Weyrauch, Theorie elast. Körper, Leipzig 1884. *Weyrauch.*

Dehnung, in der Elastizitäts- und Festigkeitslehre. Wenn ein prismatischer Stab durch eine gleichmässig über seinen Querschnitt verteilte Kraft P parallel der Stabaxe gezogen wird, so erleidet er eine Verlängerung Δl, welche auch Dehnung genannt wird. Andere bezeichnen als Dehnung die spezifische Längenänderung oder Aenderung per Einheit der ursprünglichen Länge l, also $\lambda = \frac{\Delta l}{l}$. Diese Dehnung ist für technisch wichtige Materialien (Schweisseisen, Flusseisen, Stahl) bei ruhendem oder genügend langsam anwachsendem P innerhalb gewisser Grenzen annähernd proportional der wirkenden Kraft per Einheit des ursprünglichen Querschnitts F, das heisst proportional der Stabspannung $\sigma = \frac{P}{F}$. Der Proportionsfaktor E in $\sigma = E\lambda$ ist für elastische Dehnungen, nämlich für solche, welche nach Entfernung der Kräfte P verschwinden (im Gegensatze zu bleibenden Dehnungen) der Elastizitätsmodul (s. d.). Neuerdings wurde empfohlen, anstatt seiner den „Dehnungskoefficienten" ε aus $\lambda = \varepsilon\sigma$ in der Technik zu verwenden, wodurch die wichtige Verhältniszahl zwischen λ und σ gleich der Längenänderung per Längeneinheit Stab und so dem thatsächlichen Verhalten des Materials entsprechend definirt sei, ihre Grösse, weil mit den elastischen Formänderungen wachsend, zugleich ein Mass der Elastizität bilde, und Analogie zwischen ε und dem linearen Ausdehnungskoefficienten α (s. d.) bestehe [9], S. 3. Oberhalb der „Proportionalitätsgrenze" wachsen die Dehnungen λ mehr, als der Proportionalität mit den Spannungen σ entspräche, und bei Erreichung eines Wertes $\sigma = s$ tritt eine verhältnismässig rasche und starke Verlängerung ohne wesentliche Aenderung von σ, ein Strecken des Stabes, ein, weshalb s die Streckgrenze, mitunter auch Fliessgrenze, genannt wird. Den grössten Widerstand $\sigma = z$ leistet der Stab kurz vor Eintritt des Bruches, worauf noch vor letzterem, infolge Störung der Kohäsion, eine Abnahme eintreten kann. Trägt man in geeigneten Massstäben die P oder σ als Ordinaten bei den entsprechenden Δl oder λ als Abscissen an, so lässt die entstehende Kurve diese Verhältnisse übersehen (in der Figur verzerrt angedeutet); doch sind die charakteristischen Stellen nicht immer gleich deutlich ausgeprägt, wie dieselben ja überhaupt nur für gewisse Materialien gelten und z. B. für Gusseisen weder eine Proportionalitätsgrenze noch eine Streckgrenze existirt. Durch Hämmern, Walzen, Härten, Ausglühen u. s. w. lassen sich wesentliche Aenderungen der Dehnungen wie der übrigen Festigkeitseigenschaften erreichen; auch die Querschnittsform kann von erheblichem Einflusse sein (vergl. Widerstand und [7]). Kurz vor dem Bruche, nach Erreichung des grössten Widerstands z pflegt unter deutlicher Querschnittsverminderung an der Bruchstelle (Kontraktion, Schnürung, Einschnürung) eine entsprechende lokale Verlängerung daselbst einzutreten, so dass die Bruchdehnung aus zwei Teilen besteht, von welchen der eine der Stablänge nahezu proportional, der andere fast unabhängig von derselben ist. Die vergleichende Beurteilung von Bruchdehnungen verschiedener Stäbe kann also nur unter Berücksichtigung der Längen und Querschnitte erfolgen, weshalb die „Konferenz zur Vereinbarung



einheitlicher Prüfungsmethoden für Bau- und Konstruktionsmaterialien" auch Bestimmungen über Dimensionen der Probestäbe getroffen hat, [7], 21, S. 1; 23, S. 95. Die Bruchdehnung wird gewöhnlich in Prozenten der ursprünglichen Länge angegeben, also $\delta = 100 \frac{\Delta l}{l} = 100\,\lambda$, und zwar gemessen nach dem Bruche, während die wirkliche Bruchdehnung um den Betrag der elastischen Dehnung grösser ist. Hartig wollte die Bruchdehnung der Maximalspannung z entsprechend wählen (h in Figur), [1], S. 98, doch ergeben sich Schwierigkeiten bezüglich deren Feststellung, [3], 3, S. 9; 4, S. 31.

Bei je 30 Versuchen mit Eisenstäben aus I-Trägern 15 deutscher Normalprofile des Neunkirchener Eisenwerks fand Tetmajer folgende Mittelwerte, [3], 3, S. 142:

		Schweisseisen		Thomasflusseisen		
		Flantsche	Steg	Flantsche	Steg	
Elastizitätsmodul	$E=$	2035100	2053100	2110900	2099900	kg per qcm
Proportionalitätsgrenze . .	$p=$	1440	1390	2310	2510	„ „ „
Streckgrenze	$s=$	2440	2360	2800	3210	„ „ „
Zugfestigkeit	$z=$	3760	3460	4240	4690	„ „ „
Bruchdehnung auf $l=10$ cm	$\delta=$	25,7	11,8	32,6	29,9	Prozent
„ „ $l=20$ „	$\delta=$	22,3	10,7	26,3	24,1	„
Kontraktion	$c=$	32,7	16,2	57,4	52,0	„
Arbeitskapazität (s. d.) . .	$a=$	0,91	0,36	1,27	1,31	„

Da man annimmt, dass die Körper auch allgemein um so grössere bleibende Formänderungen zulassen, je grösser die Dehnung und Kontraktion beim Bruche sind, was bei genügend hoher Festigkeit und Proportionalitätsgrenze gegen ruhende Belastung (vergl. Arbeitsfestigkeit) günstig für die Widerstandsfähigkeit gegen die wirklichen Beanspruchungen der Baukonstruktionen ist, so werden bei Lieferungsbedingungen gewöhnlich neben Grenzwerten der Zugfestigkeit auch Minimalwerte der Bruchdehnung oder Kontraktion oder beider vorgeschrieben. Die deutschen „Normalbedingungen für die Lieferung von Eisenkonstruktionen für Brücken und Hochbau" beispielsweise [8] verlangen für Schweisseisen im allgemeinen Dehnungen von 12% (bei 3400 bis 3600 kg Zugfestigkeit, je nach der Dicke), jedoch für Bleche, welche nicht nur in der Längsrichtung oder Hauptwalzrichtung beansprucht werden, 10% Dehnung in der Längsrichtung und 3—4% in der Querrichtung (bei Zugfestigkeiten von 3500 kg bezw. 2800 bis 3000 kg in diesen Richtungen). Für Flusseisen und Nietmaterial gehen die Anforderungen höher, für Flussstahl, gegossen und geschmiedet, sind 10% Dehnung bei 4500—6000 kg Zugfestigkeit vorgesehen. Bei den österreichischen Staatseisenbahnen werden für Schweisseisen, Flusseisen, Flussstahl und Kupfer auch Minimalwerte der Kontraktion gefordert, welche je nach Umständen zwischen 12 und 40% liegen, [10], S. 91. Auch bei Beurteilung des Materials auf Grund der Arbeitskapazität (s. d.) und der Qualitätszahlen (s. d.) spielt neben der Zugfestigkeit meist die Bruchdehnung eine Rolle [6], §. 16.

Litteratur: [1] Hartig, Ueber die Konstanten der Zerreissungsfestigkeit und deren vergleichende Anordnung für verschiedene Materialien, Civilingenieur 1884, S. 93. — [2] Considère, Mémoire sur l'emploi du fer et de l'acier dans les constructions, Paris 1885, p. 8. — [3] Tetmajer, Mitteilungen etc., Zürich, Heft 3, 1886, S. 4; Heft 4, 1890, S. 30. — [4] Mehrtens, Eisen und Eisenkonstruktionen in geschichtlicher, hüttentechnischer und technologischer Beziehung, Berlin 1887, S. 240. — [5] Tetmajer, Die Baumechanik, Zürich 1889, S. 9. — [6] Weyrauch, Die Festigkeitseigenschaften und Methoden der Dimensionenberechnung von Eisen- und Stahlkonstruktionen, Leipzig 1889, S. 41, 89. — [7] Bauschingers Mitteilungen etc., München, Heft 21, 1892, Heft 22, 1894, Heft 23, 1895. — [8] Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1893, S. 364. — [9] Bach, Elastizität und Festigkeit, die für die Technik wichtigsten Sätze und deren erfahrungsmässige Grundlage, Berlin 1894. — [10] Hoppe, Das Maschinenwesen, Leipzig 1895, S. 69, 86.

Weyrauch.

Dehnung, bei einem Stab die auf die Einheit der ursprünglichen Länge bezogene Ausdehnung — die spezifische Längenänderung — in Richtung der Stabaxe; s. auch Elastizität, Zerreissversuch.

Dehnungsgeschwindigkeit, s. Dehnung.

Dehnungskoefficient, auch Dehnungsquotient oder Elastizitätskoefficient, der reciproke Wert des Elastizitätsmoduls E (s. d.), welcher von manchen, in neuerer Zeit besonders von Bach (s. Dehnung) anstatt des Elastizitätsmoduls verwendet wird. Vergl. Bach, Elastizität und Festigkeit,

Berlin 1894, S. 3; Mousson, Physik auf Grundlage der Erfahrung I, Zürich 1879, S. 204; Buff, Lehrbuch der physikalischen Mechanik II, Braunschweig 1874, S. 15; Kurz, Taschenbuch der Festigkeitslehre, Berlin 1877, S. 1. S. auch Dehnungsmodul. *Weyrauch.*

Dehnungsmesser dienen zur Ermittelung der Längenänderungen durch äussere Zugbelastungen beanspruchter Stäbe und zwar entweder, um bei Materialprüfungen die elastischen Eigenschaften und das Mass der Arbeit zu bestimmen, die das zu prüfende Material bis zum Bruch zu leisten vermag, oder um bei Prüfung ganzer Konstruktionen, besonders Brücken (s. Belastungsprobe) aus der Grösse der Dehnungen einzelner Glieder auf deren Inanspruchnahme unter der Betriebslast schliessen zu können. Bei hinreichend grossen Messlängen oder wenn es sich, wie bei den meisten Festigkeitsuntersuchungen, um die Bestimmung der Dehnung nach Ueberschreitung der Streckgrenze (s. Zerreissversuch) handelt, werden die Messungen durch Anlegen eines Massstabes oder durch Abgreifen der Entfernung von zwei auf der Probe festgelegten Marken von bekanntem ursprünglichem Abstande mittelst eines Zirkels hinreichend genau durchgeführt werden können. Zur Untersuchung der elastischen Eigenschaften des Materials oder der elastischen Spannungen in Brückengliedern reicht die Feinheit derartiger einfachen Messverfahren indessen nicht aus; das Mass der Längenänderung ist vielmehr hierzu entweder durch das Messwerkzeug auf mechanischem Wege in vielfacher Vergrösserung anzuzeigen oder mit Hilfe optischer Instrumente, Spiegelapparate und Kathetometer, zu bestimmen.

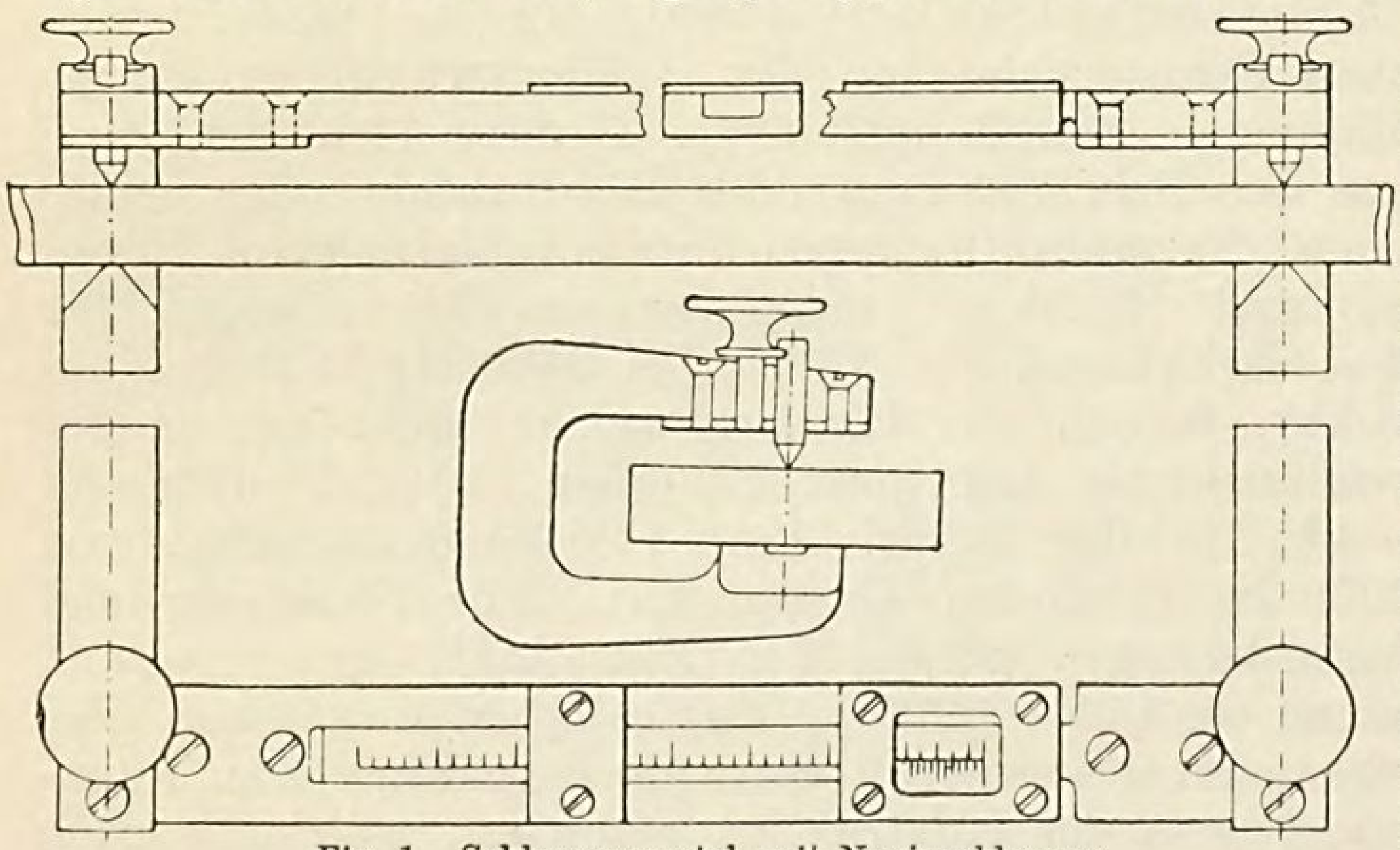


Fig. 1. Schleppmassstab mit Noniusablesung.

Eine feinere Ausbildung der linearen Messwerkzeuge ist der Schleppmassstab mit Noniusablesung (Fig. 1). Derselbe besteht aus einem sauber geteilten Massstab, welcher, gegen seitliche Verschiebung gesichert, in einer genuteten Schiene ruht. Das freie Ende des Massstabes, sowie das abgewendete Ende der Schiene tragen Spannbügel, die mittelst Schneiden in den die Messlänge begrenzenden Querschnitten an den Versuchsstab angesetzt und festgeschraubt werden. Dehnt sich der letztere, so verschiebt sich der Massstab längs der Nute und die Grösse der Dehnung kann an einem Nonius abgelesen werden, welcher am Ende der Schiene über der Teilung des Massstabes angebracht ist [1]. Die mechanische Vergrösserung der Dehnungsanzeige erfolgt in der Regel mittelst einer Rolle und eines auf deren Axe sitzenden Zeigers, dessen Ende sich über einer Kreisteilung bewegt und zum schärferen Ablesen häufig mit Nonius versehen ist. Derartige Vorrichtungen werden Rollenapparate genannt. Bei dem Apparat von Stromeyer [2] zur Prüfung von Flachstäben ist die Rolle in Form einer feinen Nadel zwischen zwei sich übergreifende schmale Flacheisen gelegt, deren einander abgewendete Enden mittelst Körnerspitzen in den Endmarken der Messlänge am Probestab festgelegt sind. Gebräuchlicher ist es, die Rollen auf Spitzen laufen zu lassen, die Spitzenträger an dem einen Ende der Messlänge an dem Stabe festzulegen und die Drehung der Rolle entsprechend der Stabdehnung dadurch zu bewirken, dass eine Blattfeder gegen die Rolle gedrückt oder eine gespannte Schnur um letztere geschlungen wird. Das Ende der Feder oder der Schnur ist dann an dem zweiten Ende der Messlänge mit dem Probestabe verbunden. Derartige Vorrichtungen sind der Tellerapparat von Bauschinger [3] und der Dehnungsmesser Thomasset-Veritas [1], [4], [5]. Bei diesen Vorrichtungen verhält sich die von der Zeigerspitze beschriebene Bogenlänge zur Verlängerung des Stabes wie die Länge des Zeigers zum Halbmesser der Rolle. Beim Dehnungsmesser von Kennedy (Fig. 2 u. 3) ruht der Träger

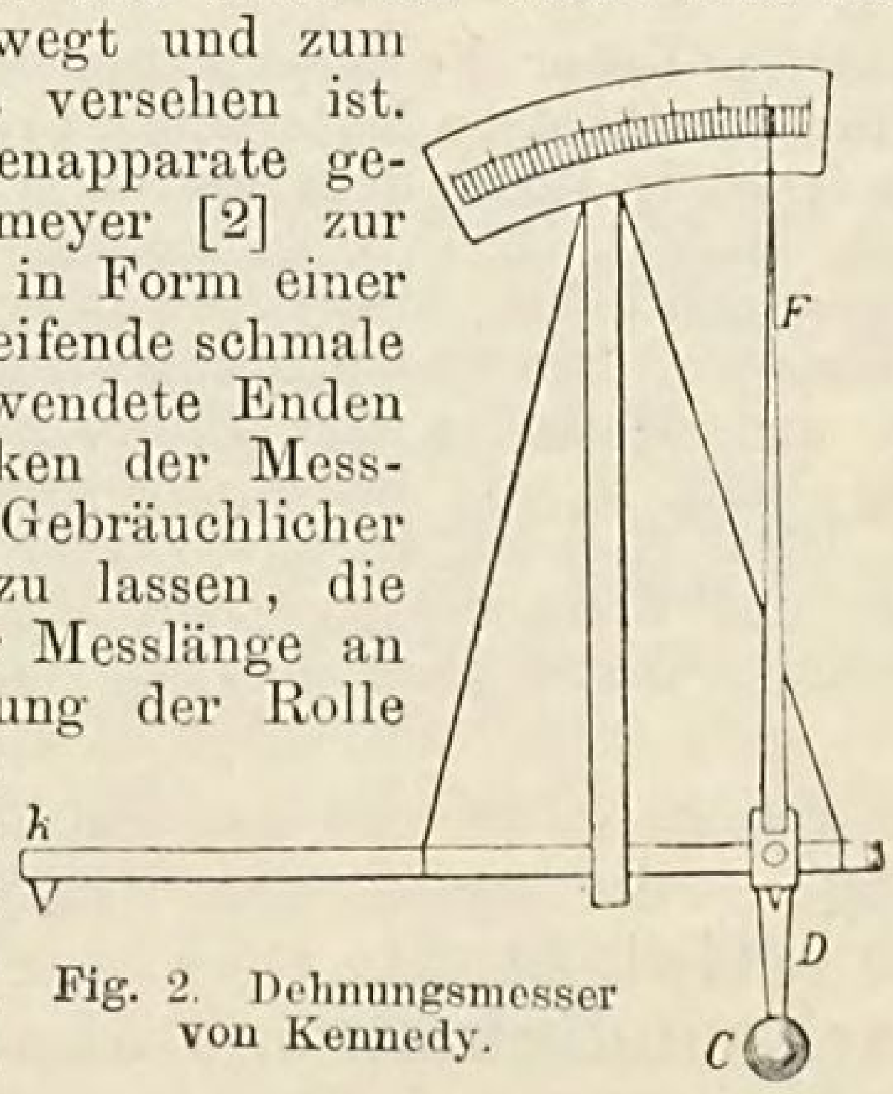


Fig. 2. Dehnungsmesser von Kennedy.

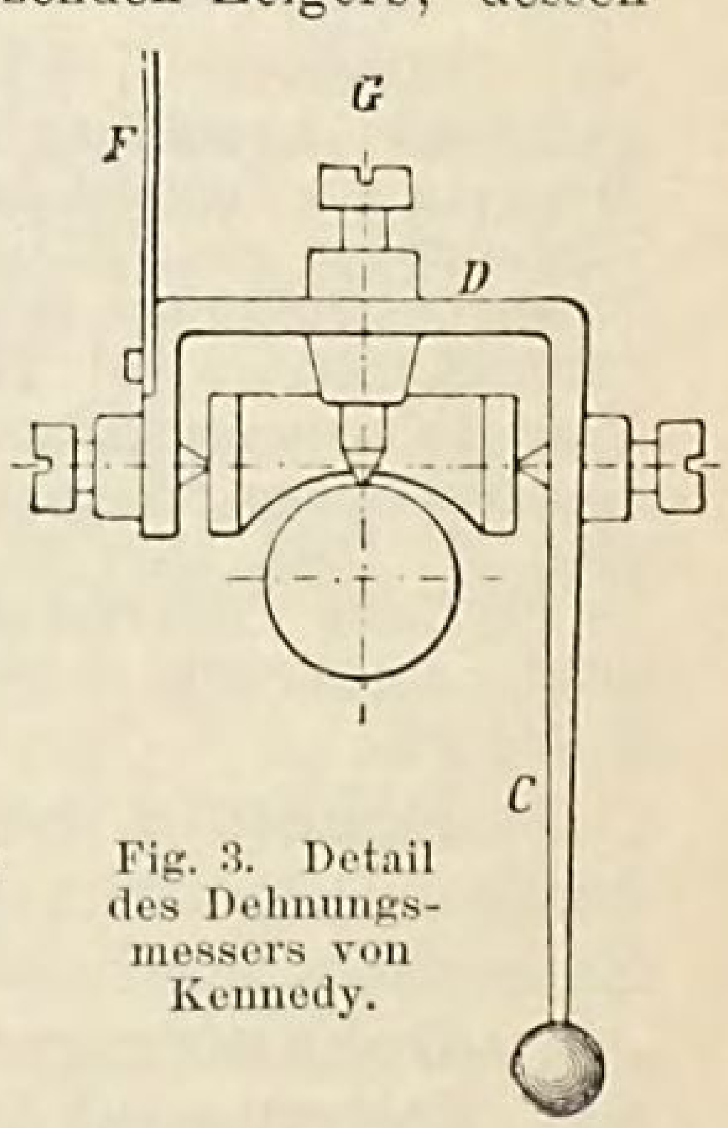


Fig. 3. Detail des Dehnungsmessers von Kennedy.

der Kreisteilung an dem einen Ende mit der Körnerspitze k auf dem Probestabe, an dem andern Ende trägt er in Spitzen drehbar den Bügel D, der mit der Spitzenschraube G auf dem Stabe aufliegt und den Halter des durch ein Gegengewicht C ausgeglichenen Zeigers F bildet. An Stelle der Rolle ist hier also ein senkrecht stehender Hebel angewendet, dessen kurzer Arm gleich derjenigen Länge ist, um welche die Spitze der Schraube G (Fig. 3) und die Verbindegrade zwischen den Drehpunkten des Bügels D hinausragt und dessen langer Arm als Zeiger ausgebildet ist [1], [6], [7]. Neuerdings hat dieser Apparat eine erheblich feinere Ausbildung erfahren [8], [9].

Spiegelapparate sind Messvorrichtungen, bei denen die Formänderung des Probestabes in Drehung eines Spiegels umgesetzt und die Tangente des doppelten Drehungswinkels als Mass der Dehnung mit Hilfe eines Ablese-Fernrohres mit Fadenkreuz beobachtet wird. Das Fernrohr wird zu Beginn des Versuches so auf den Spiegel gerichtet, dass der eine Faden des Kreuzes mit der Drehaxe des Spiegels zusammenfällt und letzterer das Bild einer zu seiner Drehaxe senkrecht stehenden Skala in das Fernrohr reflektirt. Um die von etwaigen Verbiegungen des Stabes herstammenden Fehler auszugleichen, werden in der Regel gleichzeitig zwei solcher Spiegelapparate benützt, mit denen die Dehnungen an zwei gegenüber liegenden Seiten des Stabes gemessen werden. Bei dem Apparat von Bauschinger [1], [10] sind die Spiegelträger in zwei Spitzen drehbar an einem kleinen Parallelschraubstock untergebracht, welcher in dem einen Endquerschnitt der Messlänge mittelst Schneiden an den Probestab angeschraubt wird. Seitlich von letzterem tragen die Spiegelträger feste Scheiben aus Hartgummi. Gegen diese legen sich, wie bei den vorbeschriebenen Rollenapparaten, Blattfedern, welche die Drehung des Spiegels bei Dehnung des Stabes bewirken. Bezeichnet r den Halbmesser der Scheiben, R die Entfernung der Ableseskala vom Spiegel, λ die Längenänderung des Stabes und A den Unterschied zwischen den Ablesungen vor und nach der Belastung, sämtliche Masse in gleicher Einheit ausgedrückt, so ist $\lambda = \frac{r}{R} \cdot \frac{A}{2}$. Gebräuchlich ist es, das Verhältnis $\frac{r}{R} = \frac{1}{500}$ zu wählen und die Ableseskala in Doppelmillimeter zu teilen. Dann ist der Unterschied in der Ablesung von einem Teilungsintervall gleich $\frac{1}{500}$ mm Dehnung. Die Zehntel der Teilung sind mit Sicherheit zu schätzen, so dass die Formänderung des Stabes als Mittel aus den beiden gleichzeitig erhobenen Ablesungen bis auf 0,0001 mm bestimmt werden kann. Bei dem Spiegelapparat von Martens (Fig. 4 u. 5) sind die Träger der Spiegel P Parallelepipede p und p_1 aus gehärtetem Stahl, welche hochkantig zwischen den Blattfedern f und dem Probestabe eingesetzt werden. Ihre Axen sind zu Konen ausgebildet, auf denen die Hülsen H mit den Bügeln b mittelst Spiralfedern festgehalten werden. Die Einstellung der Spiegel erfolgt um die senkrechte Axe durch Verstellen der Schrauben S und um die wagrechte Axe durch Drehen der Hülse H auf dem Konus. Das Uebersetzungsverhältnis bei diesem Apparat ist gleich dem Verhältnis der Breite des Prismas zum doppelten Abstande des Spiegels von der Ableseskala. Es ist wie bei dem Bauschinger'schen Apparat = 1:500 zu wählen, um die Dehnung bis auf 0,0001 mm zu beobachten [1], [11]. — Kathetometer, eine Verbindung des linearen mit dem optischen Messverfahren, bestehen im wesentlichen aus einem feingeteilten Lineal und zwei Fernrohren, welche auf ersterem von Hand oder zur feineren Einstellung mittelst Schrauben der Dehnung des Probestabes entsprechend verschoben werden, so dass die Fadenkreuze der Fernrohre sich mit den zugehörigen Endmarken decken, welche die Messlänge auf dem Probestabe abgrenzen. Die Stellung der Fernrohre zum Lineal wird an Nonien abgelesen, die mit den Fernrohrhaltern verbunden sind. Um die Feinheit der Messung zu erhöhen, sind unter den Okularen der Fernrohre mikroskopisch geteilte Glasplatten eingelegt, welche von aussen durch Mikrometerschrauben in der Richtung der Stabaxe verschoben werden können, wobei das Mass dieser Verschiebungen an geteilten Trommeln abzulesen ist. Bei der Benützung sind derartige Apparate sorgfältig gegen Wärmeeinflüsse zu schützen, um Verbiegungen des Lineals zu vermeiden, welche die Richtigkeit der Messungen beeinträchtigen.

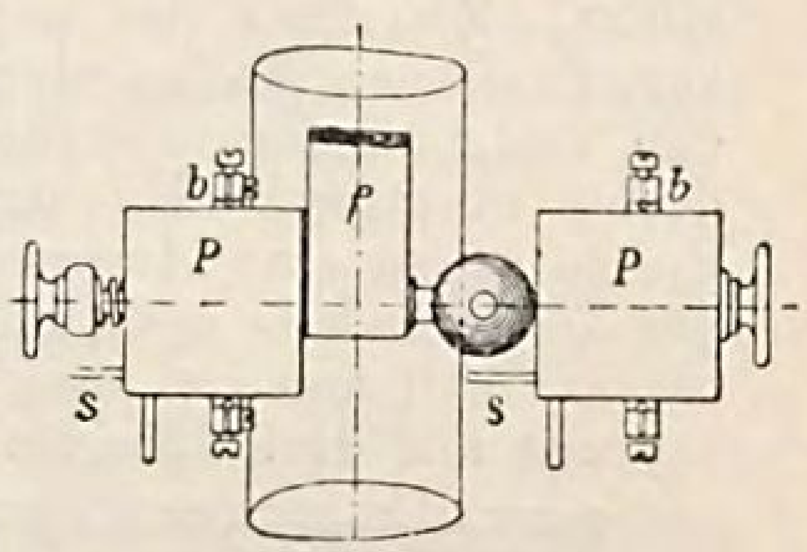


Fig. 4.

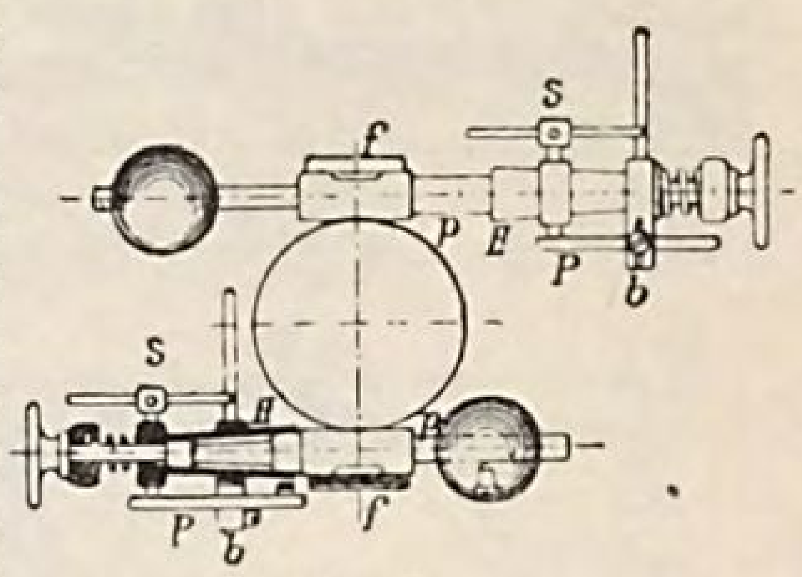


Fig. 5.

Dehnungs- oder Spannungsmesser zur Untersuchung der Inanspruchnahme einzelner Glieder eines Bauwerkes messen die innerhalb einer bestimmten Länge l durch die Betriebslast erzeugte Längenänderung λ und aus dieser wird, selbstverständlich unter der Voraussetzung, dass die Spannung stets unterhalb der Elastizitätsgrenze bleibt, auf die stattgehabte Spannung σ geschlossen. Unter der Annahme eines bestimmten Elastizitätsmoduls E für das Material ist dann $\sigma = E \frac{\lambda}{l}$. Einzelne Dehnungsmesser sind von dem Gesichtspunkt aus entworfen, die Spannung unmittelbar ablesen zu können, z. B. der Apparat von Bahlke (s. u.). Zu diesem Zweck sind die Teilungen zur Ablesung der Anzeigen des Apparates nicht nach Längenmassen vorgenommen, sondern nach Spannungswerten, und zwar legt Bahlke der Berechnung der Teillängen nicht einen allgemein üblichen Wert für E zu Grunde, sondern einen Wert, dessen Grösse durch Prüfung eines

oder mehrerer aus dem Bauwerk herausgenommener Glieder auf ihr elastisches Verhalten zuvor festgestellt und dann als Mittelwert für das gesamte Material des betreffenden Bauwerkes angenommen ist [12], [13]. Einen besonderen Vorteil bietet diese Teilungsweise gegenüber derjenigen nach Längenmassen nicht, da es nicht umständlicher ist, die letzteren für ein gegebenes E im voraus umzurechnen und die Rechnungsergebnisse zur Benützung beim Gebrauch des Apparates tabellarisch zusammenzustellen, als für jedes ermittelte E eine neue Teilung anzubringen [14]. Die zur Uebertragung der geringen Dehnungsgrössen ins Vielfache angewendeten Konstruktionen sind mannigfacher Art.

Der Dehnungsmesser von Hoech gleicht dem Massstab mit Noniusablesung (Fig. 1), nur dass der Massstab auf der Schiene und der Nonius auf dem Schieber angebracht ist. Zur Beobachtung andauernder Spannungen ist der Nonius fest. Apparate zur Ermittelung schnell vorübergehender Spannungen und bleibender Längenänderungen sind mit zwei Massstäben und zwei losen Nonien versehen; zwischen den letzteren befindet sich an dem Schieber ein Stift, durch den sie der Drehung entsprechend verschoben werden [1], [15]. — Beim Apparat von Bahlke erfolgt die Messung mit Hilfe eines Keilmassstabes, der zwischen eine breite Leiste und eine dieser gegenüber liegenden Schneide hineingeschoben wird. Die Leiste ist mittelst Schraubklemme an dem einen Ende der Messlänge mit dem zu prüfenden Stabe unmittelbar verbunden; die Schneide wird von einer Messstange getragen, die am anderen Ende der Messlänge angeschraubt ist und sich den Längenänderungen des Stabes entsprechend unter der zu ihr senkrecht gelegenen Leiste verschiebt; hierbei ändert sich die Entfernung der Schneidenkante von der Leiste und somit auch die Eindringtiefe des Keiles. Der Apparat wird in drei Ausführungen zum Preise von 135—270 Mk. gefertigt [12], [16], [17]. Der Apparat von Le Chatelier setzt die zu messenden Längenänderungen in Bewegungen eines federnden Dosendeckels um und lässt sie als Steighöhe der hierbei aus der Dose verdrängten Flüssigkeit an einem geteilten Rohr ablesen. Hierzu werden auf den Stab in bestimmmter Entfernung von einander zwei kleine Böcke aufgeschraubt, von denen der eine einen festen, der andere einen in seiner Längsrichtung verschiebbaren Dorn und die Messdose trägt, gegen deren Deckel sich der Dorn mit einer Spitze stützt. Zwischen die zugewendeten Spitzen beider Dorne wird ein röhrenförmiger Stab mit verschlossenen Enden eingeschaltet, welcher die Relativ-Bewegungen beider Böcke entsprechend den Längenänderungen des zu prüfenden Stabes durch den beweglichen Dorn auf den Dosendeckel überträgt. Um den Teilungswert des Steigrohres zu ermitteln, wird der Bock mit fester Spitze gegen eine Messvorrichtung mit Mikrometerschraube ausgewechselt. Die wirksame Fläche des Dosendeckels und der Querschnitt des Steigrohres sind so bemessen, dass 1 mm Steighöhe gleich 0,001 mm Dehnung ist [18]—[21]. — Der Dehnungsmesser von Mallock ist ein Spiegelapparat mit drei Spiegeln. Von ihnen ist der eine Spiegel S_1 so angeordnet, dass er die Bilder einer Skala, welche ihm durch die beiden anderen Spiegel S_2 und S_3 zugeworfen werden, gleichzeitig in ein Ablesefernrohr reflektirt. S_2 und S_3 werden zu Beginn des Versuches unmittelbar neben einander und unter gleichem Winkel der Skala gegenüber so aufgestellt, dass sie gleichsam einen einzigen Spiegel bilden und somit die von ihnen nach S_1 gesandten beiden Skalenbilder sich decken. Beim Belasten des Versuchsstabes dreht sich S_3 der Dehnung entsprechend, während S_1 und S_2 die ursprüngliche Lage zu einander, zur Skala und zum Fernrohr, beibehalten. Die beiden im Fernrohr erscheinenden Skalenbilder sind daher nun gegen einander verschoben und die Grösse dieser Verschiebung gibt ein Mass für die Dehnung [22]. — Beim Apparat von Manet-Rabut (Fig. 6) wird die Dehnung durch ein zweifaches Hebelwerk mittelst Zahnbogen und Zahnrädchen auf einen Zeiger übertragen und an einer Kreisteilung abgelesen. Der tote Gang in der Uebertragung ist durch einen zweiten Zahnbogen beseitigt, der durch eine Feder in entgegengesetzter Richtung auf das Zahnrädchen einwirkt wie der erstgenannte Bogen. Der Apparat wird durch Bourdon, Paris, 74 Faubourg du Temple, zum Preise von 40 Mk. gefertigt.

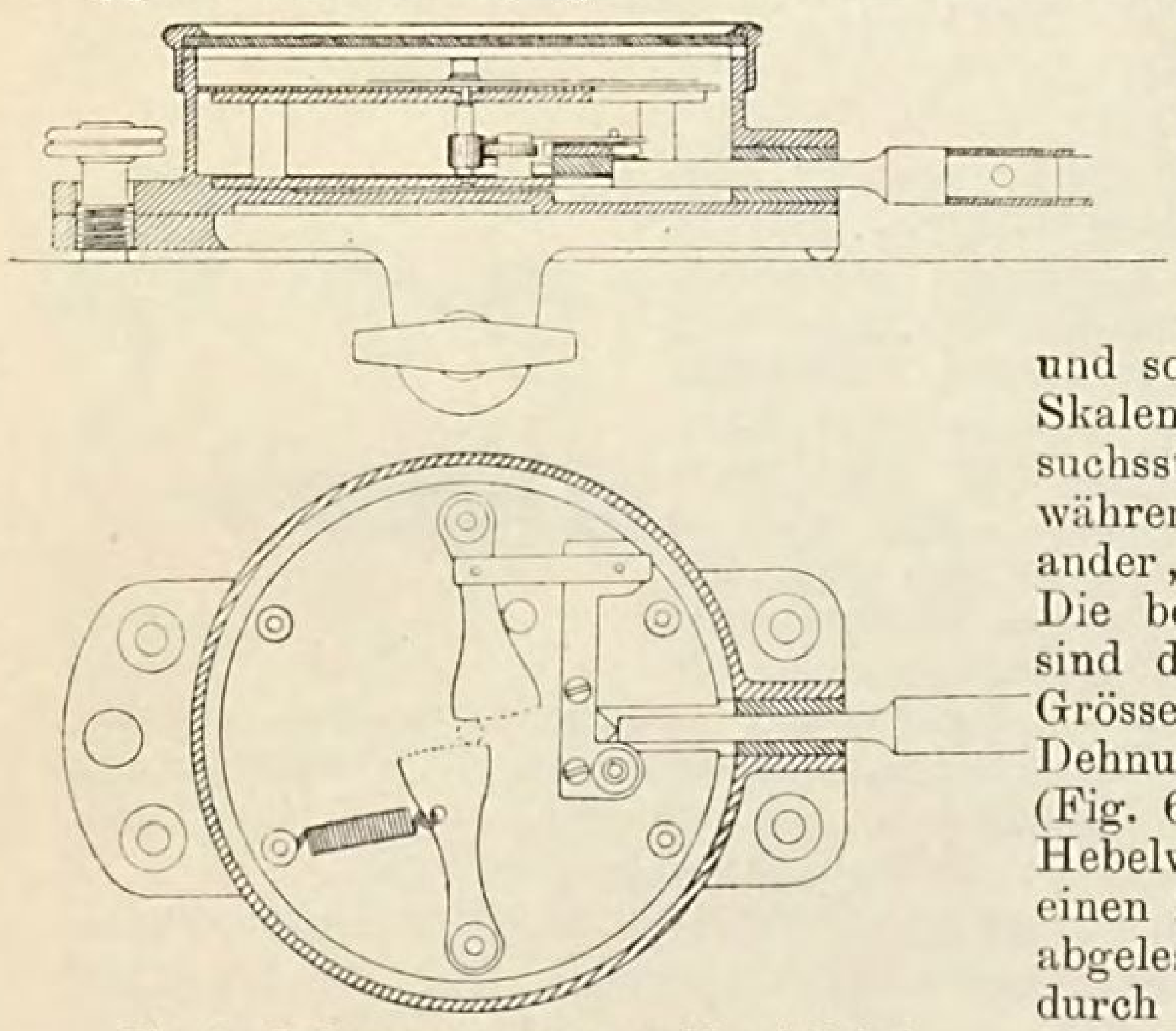


Fig. 6. Dehnungsmesser von Manet-Rabut.

Litteratur: [1] Rudeloff, Hilfsmittel und Verfahren der Materialprüfung, Leipzig 1889. — [2] Hackney, On forms of test-pieces, London 1884, S. 49. — [3] Bauschinger, Mitteilungen aus dem mechanisch-technischen Laboratorium der Techn. Hochschule München, Heft 20. — [4] Engineering 1881, S. 41. — [5] Dingl. polyt. Journal 1882, Bd. 246, S. 127. — [6] Engineering 1881, S. 139. — [7] Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1881, S. 316. — [8] Engineering 1890, Bd. 2, S. 310. — [9] Dingl. polyt. Journal 1891, Bd. 279, S. 152. — [10] Broschüre d. Nürnberger Maschinenfabrik C. Wolf & Sohn, München 1882. — [11] Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1890, S. 1003. — [12] Dingl. polyt. Journal 1894, Bd. 293, S. 175. — [13] Deutsche Bauztg. 1894, S. 47 u. 59. — [14] Desgl. 1893, S. 576. — [15] Annalen für Gewerbe u. Bauwesen 1886, Bd. 2, S. 229. — [16] Deutsche Bauztg. 1894, S. 135. — [17] Stahl u. Eisen 1895, S. 331. —

[18] Revue industrielle 1890, S. 510. — [19] Dingl. polyt. Journ. 1892, Bd. 286, S. 274. — [20] Polyt. Zentralbl. 1891, S. 272. — [21] Engineering and Mining Journ. 1891, Bd. 1, S. 444. — [22] Engineering 1890, Bd. 2, S. 614. — [23] Annales des ponts et chaussés 1891, S. 5. *Rudeloff.*

Dehnungsmodul wird mitunter der Elastizitätsmodul E (s. d. und Dehnung) genannt. Vergl. Winkelmann, Handbuch der Physik I, Breslau 1891, S. 238, wo $^1/E$ Dehnungskoefficient heisst, und Landolt und Börnstein, Physikalisch-chemische Tabellen, Berlin 1894, S. 100, wo wie bei Lommel, Eisenlohr-Zech u. s. w. der Wert $^1/E$ den auch häufig für E verwendeten Namen Elastizitätskoefficient führt. *Weyrauch.*

Dehnungsrest, die bleibende, nicht elastische, Verlängerung des gezogenen Stabes (s. Dehnung) bei Bach, Elastizität und Festigkeit, Berlin 1894, S. 11.

Dehnungszeichner dienen wie ein Teil der Dehnungsmesser zur Ermittelung der Spannungen, welche in einzelnen Gliedern eines Bauwerkes (Brücke) unter der Betriebslast oder bei Belastungsproben auftreten. Die Dehnungsmesser haben den Vorzug grösserer Einfachheit; dagegen gewähren die Dehnungszeichner den ersteren gegenüber den Vorteil, dass sie den ganzen Verlauf der Dehnungs- und der hieraus zu berechnenden Spannungsänderungen während des Belastungsvorganges anzeigen, während mit Hilfe von Dehnungsmessern nur die unter der Betriebslast vorkommenden grössten Spannungen ermittelt werden können. Ganz besonders fällt dieser Vorteil ins Gewicht mit Rücksicht auf die verwickelten Spannungszustände, welche durch Sekundärspannungen erzeugt werden. Setzt man dann gleichzeitig zwei Dehnungszeichner an zwei gegenüber liegende Seiten des zu prüfenden Gliedes an, so erhält man durch Zusammenstellung der beiden verzeichneten Spannungslinien nach Massgabe von Fig. 1 die Grösstwerte für die axiale Beanspruchung gleich $\frac{y_1 + y_2}{2}$ oder $\frac{y_3 + y_4}{2}$, während man bei Anwendung von Dehnungsmesser zu dem Höchstwerte $\frac{y_1 + y_4}{2}$ für die mittlere Spannung gelangen würde [1], [2], [3].

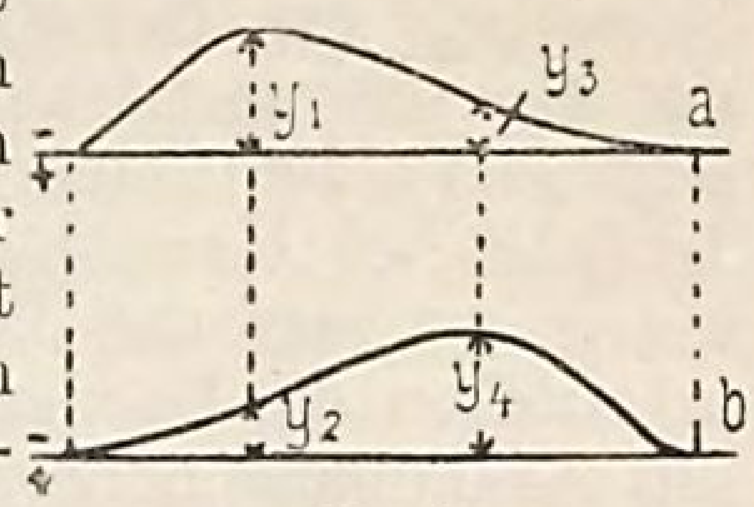


Fig. 1.

Der bekannteste ist der Dehnungszeichner von Fränkel. Er besteht in seiner ursprünglichen Form im wesentlichen aus einem zweifachen, durch Zahngetriebe verbundenen Hebelwerk, welches durch eine Messstange bethätigt wird und eine mit Papier belegte Trommel mit dem Vielfachen der zu messenden Längenänderung in Umdrehung versetzt, während ein Schreibstift durch ein Uhrwerk in der Längsrichtung der Trommel mit gleichmässiger Geschwindigkeit fortbewegt wird [4], [5]. — Um Messungen bei schnell wechselnden Belastungen vornehmen zu können, mussten die bewegten Massen des Apparates möglichst klein sein, damit Fehler infolge elastischer Formänderung der einzelnen Teile des Apparates vermieden blieben. Letzterer ist daher so geändert, dass nun nicht die Bewegungen der Papiertrommel, sondern die des Zeichenstiftes zwangsläufig den zu messenden Längenänderungen folgen. Dies ist durch die in Fig. 2 schematisch dargestellte Anordnung erreicht. Der zweiarmige Hebel E mit dem Drehpunkt bei f wird an dem kurzen Arm bei y durch die Messstange c bethätigt. Sein langer Arm greift bei X an den Winkelhebel p_2 an, dessen Schwingung durch die Lenkervorrichtung $q_2 h_2 r$ auf den Schreibstift H übertragen wird. Die geradlinige Bewegung ist durch den Gegenlenker $h_1 q_1 p_1$ gewährleistet. Unter dem Zeichenstift befindet sich die Schreibtrommel mit einem Uhrwerk zur gleichmässigen Drehung der Trommel. Um gewisse Stellungen der über die Brücke fortbewegten Last in der Schaulinie selbstthätig zu kennzeichnen, sind besondere elektrische Kontaktvorrichtungen mit dem Apparat verbunden [5], [6]. Neuerdings hat der Apparat eine wesentliche Vereinfachung und Verbesserung dadurch erfahren, dass zur Bewegungsübertragung sowohl zwischen den beiden Hebeln als auch auf den Schreibstifthalter Stahlbändchen angeordnet sind, die durch eine Gegenfeder gespannt gehalten werden [2].

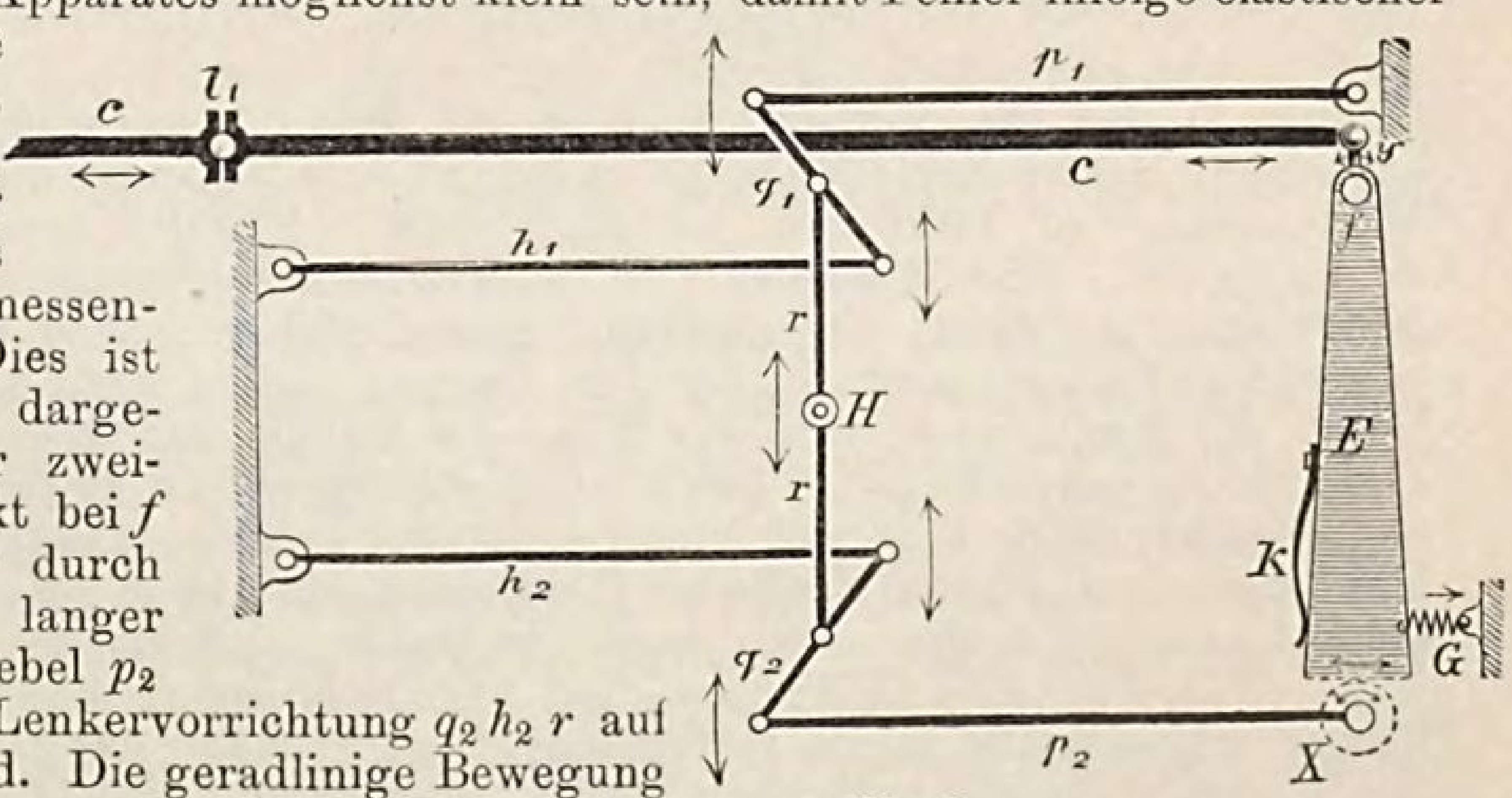


Fig. 2.

Litteratur: [1] Deutsche Bauzeitung, 1893, S. 474. — [2] Desgl., 1893, S. 576. — [3] Desgl., 1894, S. 47, 59 u. 249. — [4] Civilingenieur, 1891, Taf. XVI. — [5] Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure, 1884, S. 482. — [6] Civilingenieur, 1892, S. 200. *Rudeloff.*

Deich nennt man die Erddämme, mit welchen Niederungen an Flüssen oder an der See gegen Ueberschwemmung durch Hochwasser oder durch die Hochflut geschützt werden. Die Deiche an den Flüssen haben namentlich der Einwirkung der Strömung und des Eisganges zu widerstehen; diejenigen an der See oder am Unterlauf der Flüsse, so weit die Flut in dieselben hinauf reicht, der Einwirkung des Wellenschlages und dem Anprall der Fluten. Ihre Bauart ist deshalb einigermassen verschieden und man unterscheidet Flussdeiche und Seedeiche. Die Flussdeiche sind ihrem Zwecke nach entweder geschlossene oder Hauptdeiche, welche sich beidseitig an ein hochwasserfreies Gelände anschliessen und das eingeschlossene Land gegen Ueberflutung durch die grössten Hochwasser schützen sollen, oder offene Deiche, welche verhindern, dass Geschiebe sich auf dem Lande ablagern können, oder dass etwa die Hauptflussrichtung sich ändere. Letztere dienen also mehr zu Korrektionszwecken. Um zu verhindern, dass durch Anlage der Flussdeiche das Hochwasser wesentlich eingeengt und deshalb erhöht werde oder dass sich Ablagerungen zwischen denselben bilden, ist das durch dieselben begrenzte Hochwasserprofil weit genug zu belassen, um Stauungen zu verhindern und das Niederwasserprofil mit konstanter Breite bei gleichmässigem Gefälle anzuordnen. Die Hauptdeiche sind also in einer gewissen Entfernung rückwärts der Ufer des Flusses bei Niederwasser anzulegen. — Die Bestimmung dieser Entfernung geschieht auf Grundlage der Berechnung der Hochwassermengen, die sich auf Beobachtung des überschwemmten Flussprofiles und der Wassergeschwindigkeit stützt, welch letztere in der tieferen Stromrinne grösser ist als über dem überschwemmten Vorland der Hauptdämme. Die Ergebnisse der Messung und Rechnung werden um so genauer mit der Erfahrung übereinstimmen, je länger die Strecken sind, in welchen die Deiche parallel zu einander laufen und je weniger und schwächer die Krümmungen derselben sind. — Die Abweichung von der Parallelen lässt sich höchstens dadurch rechtfertigen, dass man den Damm auf guten Boden zu stellen bestrebt war und deshalb schlechtem Untergrunde ausgewichen ist, den man zur Verhütung von Dammbrüchen am besten im Vorland liegen lässt.

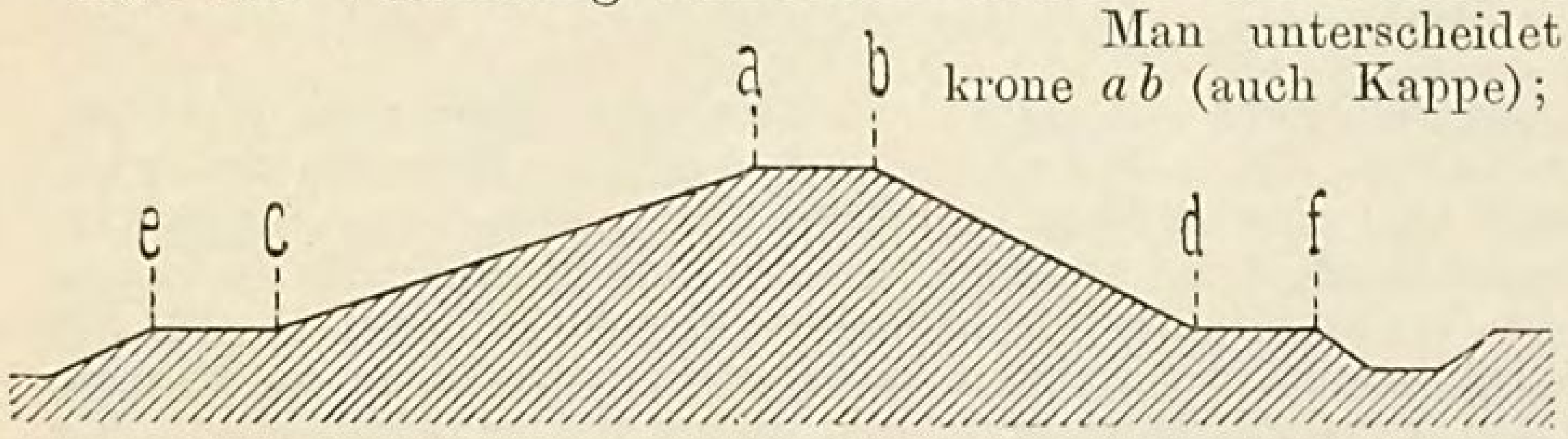


Fig. 1.

Man unterscheidet an einem Deiche: Die Deichkrone *ab* (auch Kappe); die äussere Böschung *ac*, auch Aussenböschung; die innere Böschung *bd*, auch Innenböschung; die äussere Berme oder Aussenberme *ce*; die innere Berme oder Binnenberme *df*, welche zuweilen — wenigstens auf der Binnenseite — durch einen Graben begrenzt wird (s. Fig. 1). — Die Deichkrone liegt bei Hauptdämmen 0,5 bis 1,20 m über dem höchsten bekannten Hochwasserstande, je nachdem eine Stauung durch Eis oder ein ausnahmsweiser Wellenschlag zu befürchten ist oder nicht. Die Breite der Krone wird bei Hauptdämmen so bemessen, dass dieselben bei Hochwasser befahren werden können, um jederzeit die Materialien zu deren Unterhaltung herbeizuführen, weil dies wegen des dann häufig aufquellenden Sickerwassers hinter dem Damme anders nicht leicht geschehen könnte. Ueberdies hängt die Breite auch von der Höhe der Deiche und dem Material ab, aus dem sie erstellt sind, indem namentlich bei leicht zu durchsickerndem Boden oder solchem, der bei Aufnahme von Wasser leicht zerfliesst, überhaupt eine grössere Dammstärke angenommen werden muss. Die Kronenbreite kann somit bei Hauptdämmen 2,50 m bis 5 m betragen. Die letztere Breite kommt namentlich dann vor, wenn die Deiche bleibend als Strasse benützt werden.

Die äussere Böschung hat durchschnittlich eine dreifache Anlage, wird wohl auch flacher gewählt für leicht zerfliessenden und leicht durchdringbaren Boden, den man bloss mit Rasen verkleidet; dagegen steiler, wenn die Verkleidung in Stein ausgeführt wird, was namentlich bei starker Strömung angezeigt ist. Die Steinverkleidung wird oft in Zementmörtel versetzt, was indes nicht empfehlenswert ist, weil sich hinter einer solchen Verkleidung Hohlräume bilden können, ohne dass ein gleichmässiges Nachsenken der Pflasterung stattfindet, bis plötzlich ein Einbruch die Sachlage, oft zu spät, enthüllt. — Die innere Böschung erhält meist bloss eine zweifache Anlage, auf der sich noch leicht eine Rasendecke entwickelt. — Mit äusserer Berme bezeichnet man bei Flussdeichen denjenigen Streifen des Vorlandes am Fusse des Deiches, aus dem man keinen Boden aushebt, um den Damm zu bilden, sondern den man in seinem anfänglichen Zustande mit einer Rasendecke belässt, um Auswaschungen zu vermeiden. Dieselbe erhält 3—5 m Breite, je nach der Bodenart. — Innere Berme nennt man einen Streifen Landes längs dem inneren Fusse des Deiches, der oft als Fahrweg dient und der wohl etwas höher angelegt wird, als der natürliche Boden, wenn starkes Durch-

quellen durch den Deich befürchtet wird. In diesem Falle wird die innere Berme wohl auch durch einen Graben vom eingeschlossenen Kulturland getrennt, dessen Aushub zur Erhöhung der Berme dient und in welchem das Sickerwasser zusammenfliesst.

Diejenigen Deiche, welche durch die grössten Hochwasser überflutet werden (die zumeist im Frühling nach der Schneeschmelze eintreten, somit zu einer Zeit, wo die Kulturen noch keinen Schaden darunter leiden), die aber gegen die niederen Sommerhochwasser den nun schon vorgeschrittenen Kulturen Schutz gewähren und die deshalb auch wohl Sommerdeiche genannt werden, müssen so angeordnet sein, dass der Ueberlauf sie nicht zerstört. Man gibt zu dem Ende der inneren Böschung eine weit flachere Anlage und pflastert oft sowohl die Krone als die innere Böschung mit Steinen ab. — Bei Erstellung der Deiche ist sowohl für möglichst gute Verbindung mit dem unterliegenden Boden als auch zur Erreichung einer möglichst sicheren Dichtung des Deiches selbst Sorge zu tragen. Zu diesem Zwecke ist der zu überbauende Boden vorher sorgfältig von Rasen, Gesträuchen, Bäumen, Wurzeln, Schlamm etc. zu reinigen. Das nämliche gilt auch von dem anzuschüttenden Boden, der am besten aus einem Gemische von Thon und Sand besteht und den man in dünnen Schichten, die am besten etwas gegen aussen abfallen, anführt und feststampft. Dort, wo Thon nur in geringer Menge gefunden werden kann, verwendet man denselben vorzugsweise zur Andeckung der äusseren Böschung. Der abgehobene Rasen wird gleicherweise, namentlich zur Andeckung der äusseren Böschung, verwendet und nur bei Ueberfluss auch zur Abdeckung der inneren Böschung und der Krone, die anders auch angesät werden können. — Sowohl vom Vorlande als vom eingeschlossenen Kulturlande aus werden Anfahrten oder Deichrampen längs der äusseren und der inneren Böschung auf die Krone geführt, die indes nie in diese Böschungen eingeschnitten werden dürfen und auf der Aussenseite vorzugsweise stromabwärts geneigt sein müssen. Dieselben erhalten die nötige Breite für einen Wagen und etwa 10 % Steigung. — Statt der Rampen werden oft auch Durchfahrten oder Vorschleusen in die Deiche gelegt, die zwischen zwei kräftigen Seitenmauern in einer Breite von 3,50 m erbaut werden. Man legt ihre Sohle gewöhnlich etwas höher an als den Boden des eingeschlossenen Landes und schliesst sie bei drohendem Hochwasser mit zwei Wänden aus Dammbalken, die in Falzen der Seitenmauern eingelassen sind und zwischen denen man ein Gemenge von Thon und Sand oder, in dessen Ermangelung, Mist einstampft. — Die Seedeiche. Das von Seedeichen umgebene Kulturland, welches aus fruchtbarem Lehmboden gebildet wird, den die See allmälich angeschwemmt hat, bis er sich über die Ebbehöhe erhob, heisst Polder und liegt infolge nachträglicher Setzungen oft tiefer als der Ebbespiegel der anliegenden See; so dass die Tageswasser und etwaiges Sickerwasser mittelst Pumpen ausgeschöpft werden müssen. Vor den Deichen liegt nicht etwa die tiefe See, sondern bei Ebbe ein Vorland, dessen Breite wesentlich dazu beiträgt, die Einwirkung der Sturmfluten auf die Deiche zu vermeiden und aus dem der Boden entnommen wird, um den Deich auszuführen und zu erhalten. — Die Richtung der Deiche soll möglichst senkrecht zur herrschenden Windrichtung und dem Wellenschlage liegen und dem letzteren keine ein- oder vorspringenden Ecken bieten. — Das Querprofil der Seedeiche unterscheidet sich nur in der Ausbildung der einzelnen Teile von demjenigen der Flussdeiche.

Die Krone oder Kappe liegt etwa 0,50 m höher als die Spitze der Wellen bei den höchstbekannten Sturmfluten, d. h. etwa 3 m höher als die höchsten ruhigen Fluten, die ihrerseits ebenso hoch über den gewöhnlichen Fluten liegen können. Auch hier hat die Krone zur Anfahrt der Materialien für die Erhaltung der Deiche zu dienen und erhält die entsprechende Breite. In Holland werden die Deichkronen oft mit Klinkern gepflastert und erhalten seewärts noch eine kleinere schmalere Ueberhöhung von Manneshöhe, welche eigentlich den Schutz gegen die Hochflut bildet. — Die Aussenböschung wird in ihrem oberen Teile meist berast; der untere Teil der Böschung, auf dem jede Kultur unmöglich ist, dagegen mit Strohbestickung, Flechtwerken aus Weiden oder Steinpflasterung geschützt. Die Böschung wird um so flacher erstellt, als die Sturmflut gefährlich erscheint und zwar mit 3-, 4-, 5-, 6-, 8- und sogar 10facher Anlage für den oberen berasten Teil, welcher der Wirkung der Sturmflut ausgesetzt ist. Noch flacher wird der untere Teil erstellt, wenn die verfügbaren Schutzmittel gegen den Anprall der Wellen nur geringen Schutz bieten, so dass die Deiche dann ein konkaves Profil erhalten (s. Fig. 2). Um den Nachteilen eines solchen auszuweichen, welche in Schälungen oder Aus-

kolkungen bestehen, die allmälich die Zerstörung des Deiches zur Folge haben, wird der untere Teil des Dammes gerne zu einer Aussenberme ausgebildet, die nun eine ganz flache Böschung erhält, 1,50 m bis 3 m höher als das Vorland liegt und deren Fuss gegen dasselbe mit Bestickung, Faschinen oder Steinpflasterung geschützt werden muss (s. Fig. 3). Die Breite solcher Bermen beträgt an der See

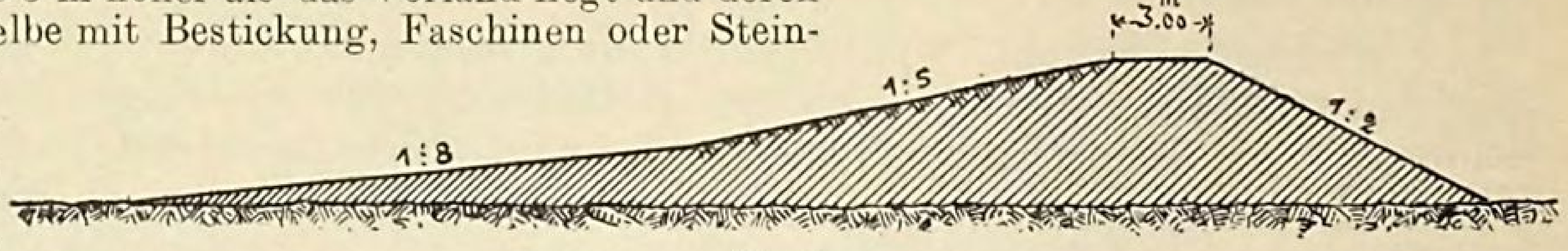


Fig. 2.

12 bis 25 m, kann indes in Flüssen verringert werden und bildet derart eine ganz bedeutende Verbreiterung der Deichbasis. — Die Binnenberme wird in gleicher Weise erstellt wie bei Flussdeichen; ebenso die Deichrampen, wogegen die sehr selten vorkommenden Durchfahrten aus Vorsicht nach aussen noch mit einem Stemmthor zu versehen sind. Statt der Durchfahrten werden dagegen die Deichsiele erstellt (s. Siele), die den Verkehr zwischen den Poldern und der See per Wasser vermitteln.

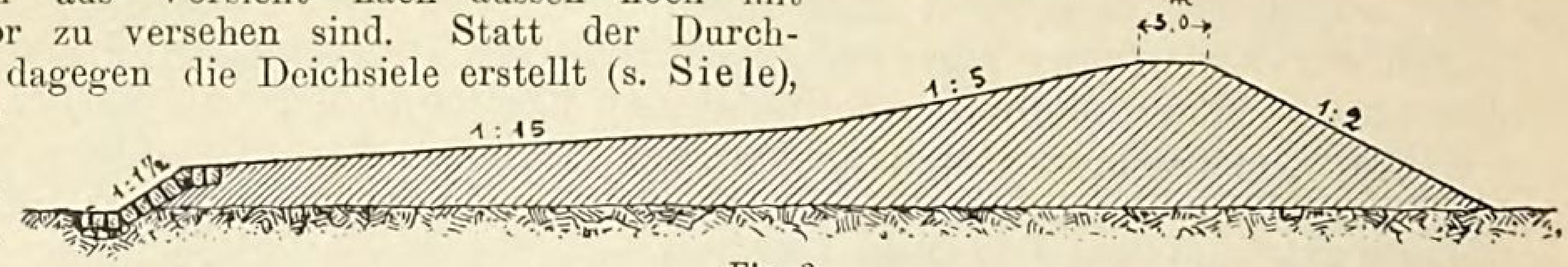


Fig. 3.

Trotz der sorgfältigsten Unterhaltung der Deiche können bei grossen Hochwassern und starken Sturmfluten Deichbrüche vorkommen. Die Unterhaltung und allfällige Schutzvorrichtungen bestehen, die ersteren in einer sorgfältigen Unterhaltung des Rasens und der allfälligen Pflasterungen oder Steinvorlagen; die letzteren darin, dass bei steigendem Wasser die am meisten der Strömung ausgesetzten Stellen der Deiche mit Faschinen, mit Spreitlagen aus Buschwerk, sogar mit Strohlagen überlegt werden, die man mittelst Pflöcken, Flechtwerken und Strohschnüren an den Boden befestigt. Droht eine Ueberflutung der Dämme, so werden dieselben mit Erddämmen, Bretterwänden oder mit anderen Materialien, die gerade vorliegen, überhöht. — Der Durchbruch kann dadurch erfolgen, dass entweder das Vorland weggerissen und die Basis des Deiches weggeschwemmt wird, oder dass zwar das Vorland erhalten bleibt, dagegen der Damm weggerissen wird. Im ersteren Falle strömt auch das schon gefallene Stromwasser oder die gewöhnliche Flut in das Kulturland, im letzteren Falle bildet sich dagegen gewöhnlich infolge des Ueberfalles eine tiefe Kolkung an der Deichstelle, die auch in das Binnenland hineinreichen kann. Der erste Fall nötigt zur Erstellung von Fangdämmen, die oft in mehreren hinter einander liegenden Reihen quer durch das eingerissene Vorland gebaut und an den stehen gebliebenen Damm angelegt werden, damit man in deren Schutz den Damm neu aufführen kann. Im zweiten Falle umgibt man den Kolk sei es mit einem Aussendamm, sei es mit einem Innendamm. — Bei Flüssen verengt der Aussendamm das Profil und bildet eine stete Gefahr, wogegen der Innendamm, namentlich bei stark thonführenden Flüssen, die allmäliche Ausfüllung (Kolmation) des Kolkes gestattet, so dass in absehbarer Zeit der Deich sich in seiner ursprünglichen Richtung neu aufführen lässt. An der See füllt man den Kolk zunächst mit Senkfaschinenlagen aus, welche später zur Aussen- und Innenberme ausgebildet werden, zwischen denen man die Erdschüttung des Deiches vornimmt (vergl. die Art. Damm und Deichbruch).

Litteratur. Hagen, Handbuch des Wasserbaues (Bau am Meere), Bd. 3, 2. Aufl., Berlin 1878—80. — Handb. der Ingenieurwissenschaften, Bd. 3, 2. Aufl., Leipzig 1883—84. *Zschokke.*

Deichacht, s. unter Deichgenossenschaft.

Deichbasis nennt man die Breite des Deiches an derjenigen Stelle, an welcher der Deich auf dem natürlichen Boden aufsitzt.

Deichbruch. Man unterscheidet den gewöhnlichen Deichbruch, bei welchem der obere Teil des Deiches fortgerissen, die Basis desselben jedoch unbeschädigt geblieben ist, ferner den Grundbruch, sofern auch letztere zerstört wurde (Fig. 1), und den Strombruch, wenn zugleich eine Zerstörung des Vorlandes stattgefunden hat, welche dem Wasser des Stromes auch nach dem Hochstand noch den Eintritt in

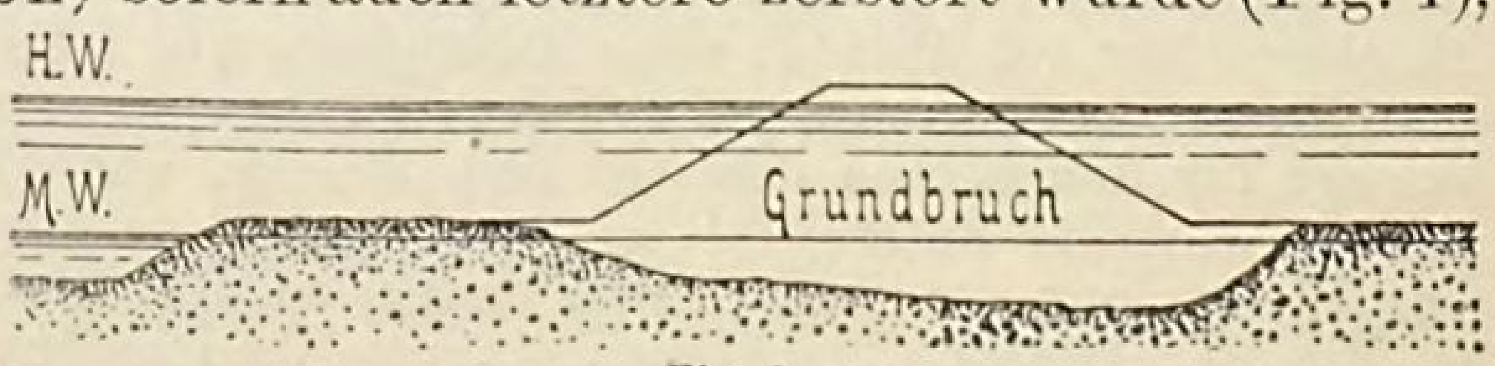


Fig. 1.

das Binnenland gestattet (Fig. 2). Die Kappstürzungen treten nach Beschädigung der Deichkappe ein und sind nicht zu den Deichbrüchen zu rechnen, pflegen aber den letzteren vorauszugehen. Am häufigsten sind Grundbrüche, bei denen sich infolge der Energie des einströmenden Wassers oft Kolke bis zu 10 m und mehr Tiefe bilden. — Ueber Wiederherstellung der Deichbrüche s. Auslage, Einlage, Durchdeichung. *Frühling.*

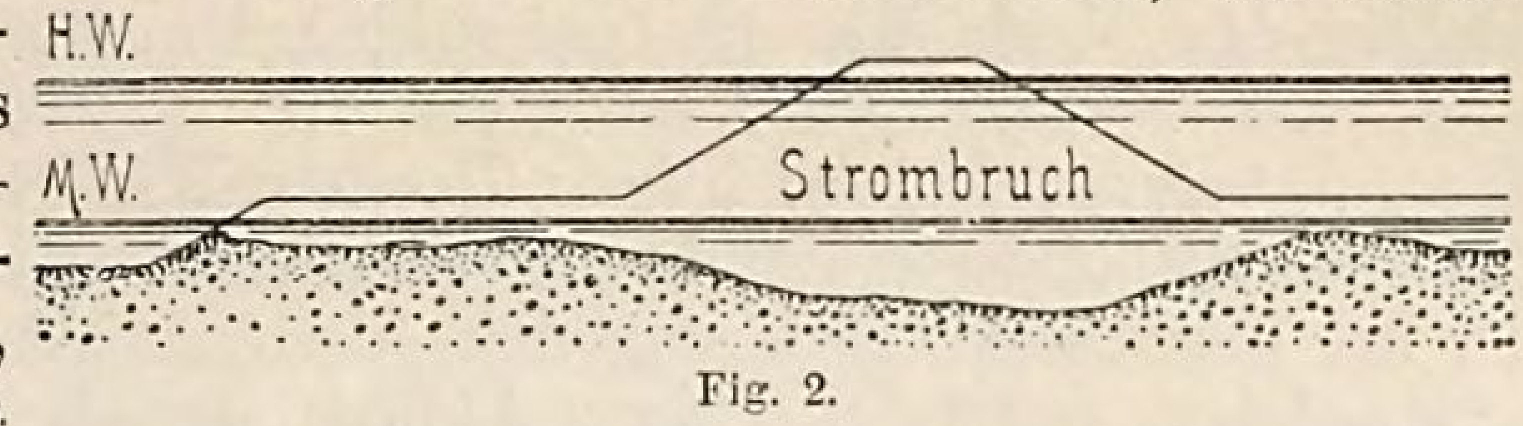


Fig. 2.

Deichgenossenschaft, Deichacht, Deichverband oder Deichschau (letztere Bezeichnung am Unterrhein) ist eine Vereinigung derjenigen Besitzer eines bestimmten Bezirks, deren Grundstücke durch die in dem Bezirke liegenden Deiche vor Ueberschwemmungen geschützt werden. Die Genossenschaft übernimmt die erforderliche Deichlast, welche sich nach einem unter Berücksichtigung von Grösse, Bodenbeschaffenheit und Höhenlage festgesetzten Massstabe auf die einzelnen Besitzer verteilt. In früheren Zeiten erfolgte die Verteilung mit wenigen Ausnahmen in der Art, dass jedes Grundstück eine besondere, nach dem obigen Massstabe ermittelte und durch Grenzsteine festgelegte Deichstrecke zu unterhalten hatte. Diese Strecke führte den Namen Pfand, Kavel oder Kabel und die hiernach ausgeführte Art der Deichunterhaltung die Bezeichnung Pfand- oder Kavelwirtschaft. Nicht selten überstieg die Unterhaltung einer stark im Angriff liegenden Deichstrecke die Kräfte des zu ihrer Unterhaltung verpflichteten Besitzers. Erklärte er sich hierzu durch das Einstecken des Spatens in den Deich ausser stande, so gingen ihm nach dem alten friesischen Spatenrecht Deich und Grundstück verloren. Derjenige, welcher den Spaten ergriff, übernahm damit die Deichlast, aber auch das Grundstück. — An Stelle der Pfandwirtschaft ist in neuerer Zeit vielfach die Kommunionwirtschaft getreten. Hier werden die sämtlichen erforderlichen Arbeiten von dem Vorstande des Deichverbandes ausgeführt und die entstandenen Kosten von den einzelnen Besitzern eingezogen. Diese werden dadurch der Verantwortlichkeit überhoben, haben aber auch nicht mehr das Interesse an ihrer Deichstrecke wie bei der Kavelwirtschaft; auch fällt der Vorteil einer gelegentlichen Beschäftigung frei werdender Arbeiter am Deiche fort. Man hat deshalb — insbesondere in der Provinz Hannover — mit Vorteil eine Verbindung der Kommunion mit der Kavelwirtschaft eingeführt. Letztere erstreckt sich nur auf die kleineren Unterhaltungsarbeiten (die sogen. ordentliche Deichlast), während die grösseren Ausführungen (oder die ausserordentliche Deichlast) in Kommunion getragen werden. Um bei lässigen Besitzern das Interesse an ihrer Kavelstrecke rege zu halten, ist auch wohl die Bestimmung getroffen, dass die Wiederherstellungskosten eines Deichbruchs zu einem Drittel von dem betreffenden Kavelbesitzer zu übernehmen sind. — Die Leitung des Deichverbandes erfolgt auf Grund der Deichordnung oder des Deichstatuts durch einen von den Mitgliedern gewählten Vorstand unter Oberaufsicht des Staats oder unmittelbar durch Staatsbeamte. *Frühling.*

Deichkappe. Die Kappe oder Krone der Flussdeiche liegt in der Regel 0,3—0,6 m über Hochwasser; das grössere Mass bezieht sich auf wasserreiche Ströme, in denen Eisgang und Wellenschlag auftreten. Ist eine Eisstopfung mit grosser Gefahr für die hinter dem Deiche liegenden Ortschaften und Fluren verknüpft, so wird die Deichkrone oft erheblich höher gelegt (im Weichseldelta und am Niederrhein unter Umständen bis zu 3 m über Hochwasser), damit ein Ueberlaufen an oberhalb gelegenen, weniger gefährdeten Punkten eintreten kann. Ebenso pflegt man bei Gebirgsflüssen, deren unregelmässiger Charakter ein Ansteigen über den bisher bekannten höchsten Wasserstand vermuten lässt und bei denen ein Ueberstürzen des Wassers über die Deiche in die oft tief unter der Flusssohle liegenden Kulturländereien grosse Verheerungen anrichten würde, jenes Mass um 1 m und mehr zu erhöhen. Bei der Anlage neuer Deiche ist selbstverständlich das Ansteigen des Hochwassers infolge der Einschränkung des Hochwasserprofils zu berücksichtigen, ebenso ist

auf das Setzen des Deiches nach erfolgter Herstellung Bedacht zu nehmen — Die Seedeiche liegen mit ihrer Krone 0,3—0,5 m über dem Kamm der Wellen zur Zeit der höchsten Sturmflut, welche je nach Lage der Küste, der Breite des Vorlandes und sonstiger Umstände an der Nordsee bis auf 5 m und selbst mehr über ordinäre Flut ansteigen kann. — Die Breite der Kappe beträgt bei wichtigen Deichen 2,5—4 m, wobei auch auf die Anfuhr des zur Deichverteidigung erforderlichen Materials Rücksicht zu nehmen ist. Dient die Deichkrone zugleich als Verkehrsweg, so darf die Breite nicht unter 4,5 m betragen. Zum Abfluss des Regen- und Spritzwassers erhält die Kappe entweder eine gewölbte Form oder eine Neigung nach der Aussenseite. Wenn sie nicht als Verkehrsweg dient und deshalb mit Kies- oder Sanddecke bezw. Pflasterung versehen wird, so erhält sie zweckmässig eine Berasung. *Frühling.*

Deichlücke oder Durchfahrt nennt man die Stellen der Deiche, die zum Verkehr mit Wegen zwischen dem Innenland und dem Vorlande dienen, jedoch bei drohendem Hochwasser oder drohender Hochflut geschlossen werden sollen.

Deichordnung oder Deichstatut regelt die Unterhaltungspflicht der Deiche, die Pflichten und Rechte der Deichgenossen, die Befugnisse der Deichbehörden, die Deichschauungen, sowie das Oberaufsichtsrecht des Staats. Für die preussische Monarchie gilt — mit Ausnahme einiger Bezirke der Provinzen Schleswig-Holstein und Hannover — das Gesetz über das Deichwesen vom 28. Januar 1848; in den Marschdistrikten der genannten Provinzen haben noch die älteren, teilweise durch Gewohnheitsrecht ergänzten Deichordnungen Giltigkeit. Eine einheitliche Regelung des Deichwesens im preussischen Staate wird, wie in der Begründung für den „Entwurf eines preussischen Wassergesetzes“ (Berlin 1894) näher ausgeführt ist, an massgebender Stelle nicht als Bedürfnis angesehen, weil die örtlichen Interessen zu verschieden sind und ihnen durch die vorhandenen Deichordnungen in genügendem Masse Rechnung getragen wird.

Litteratur: [1] Nieberding, Wasserrecht und Wasserpolizei im preussischen Staat, 2. Aufl., Breslau 1889. — [2] Kletke, Rechtsverhältnisse der Landeskultur-Genossenschaften in Preussen, Berlin 1870. — [3] Hahn, Die preussische Gesetzgebung über Vorflut, die Ent- und Bewässerungen und das Deichwesen, 2. Aufl., Breslau 1886. *Frühling.*

Deichrampe. Die Deichrampen (An- und Abfahrten) dienen zur Verbindung des Vor- und Binnenlandes unter Vermittelung der Deichkrone und werden an der Aussenseite so angeordnet, dass sie möglichst wenig vor den eigentlichen Deichkörper vorspringen, sich also nicht senkrecht, sondern unter ganz spitzem Winkel an den Deichkörper anschliessen, um keine Beschädigungen desselben durch Strömung oder Eisgang herbeizuführen; aus demselben Grunde sind sie, von der Deichkrone abgesehen, stromabwärts zu richten. Auf der Binnenseite fallen diese Bedenken fort, doch darf auf beiden Seiten kein Einschneiden in das Deichprofil, bezw. eine Schwächung desselben stattfinden. Die Steigung der Rampen richtet sich nach dem Verkehr und beträgt bei gewöhnlichen Feldwegen 1:8 bis 1:12; als Breitenabmessung genügen in diesem Falle 2,5—3 m. *Frühling.*

Deichrolle enthält das Verzeichnis der Besitzer der deichpflichtigen Grundstücke, die Grösse der letzteren und die Höhe der Beiträge bezw. den Beitragsfuss und die Bezeichnung der zu den Grundstücken gehörigen Pfänder oder Kavel.

Deichscharte, s. Durchfahrt.

Deichschauung. Die Deichschauung oder die Besichtigung bestimmter Deichstrecken durch die zuständigen Deichbeamten wird — gemäss den Vorschriften der Deichordnung — zweimal im Jahre vorgenommen. Bei der Frühjahrsschau im Mai werden die erforderlichen Arbeiten angeordnet, deren Ausführung dann bei der Herbstschau im September geprüft wird. Ausser diesen beiden Hauptschauungen findet im Oktober für die im Verzuge befindlichen Arbeiten noch eine Nachschau durch die unteren Deichbeamten, ferner eine „Notschau“ nach jeder grösseren Sturmflut statt. — Das Verfügte wird als Auszug aus der bei der betreffenden Schauung verfassten Niederschrift den Verpflichteten nebst Strafandrohung mitgeteilt. Die angeordneten Arbeiten erstrecken sich insbesondere auf Wiederherstellung aller durch das Hochwasser veranlassten Schäden, Instandsetzung bezw. Erneuerung der Böschungsbefestigungen; ferner auf Beseitigung von Bäumen, Sträuchern, Unkraut und aller den Graswuchs

hemmenden angetriebenen Stoffe vom Deichkörper, Fernhaltung aller Grabungen von der Nähe des Deiches, insbesondere aller Vertiefungen, Brunnen oder Gebäude von den Binnenbermen; zeitweise Erhöhung und Regulirung der Deichkrone, sowie Freihaltung derselben vom Fahrverkehr auf den unbefestigten Strecken u. s. w. — Die der Schauung unterliegenden Deichstrecken führen den Namen Schaudeiche. Dieser Begriff deckt sich an der See zugleich mit demjenigen der Hauptdeiche, während die später hergestellten Polderdeiche erst dann als Hauptdeiche angenommen und einer Schauung unterzogen werden, wenn sie sich eine Anzahl von Jahren bewährt haben. Diese Uebernahme heisst die „Verstühlung" der Polderdeiche. *Frühling.*

Deichschleuse, s. Siele.

Deichsel, die Führungsstange, an welche die Zugtiere bei Gefährten angekettet werden; hat in der Technik auch die Bedeutung von Lenkstange, Schwenkbaum, Schwungbaum etc. (Deichseln, s. v. w. lenken.)

Deichstatut, s. Deichordnung.

Deichverband, s. Deichgenossenschaft.

Deichverteidigung. Es ist eine Verteidigung der eigentlichen Flussdeiche (bis zum Flutgebiet) und der an der See, sowie innerhalb des Flutgebiets liegenden Deiche zu unterscheiden. Bei den ersteren fallen die stärksten Angriffe in die Hochwasserperiode und halten während der Dauer eines Hochwassers an. Hier kommt infolge der lange dauernden Berührung mit dem Aussenwasser die Gefahr der Durchweichung und Durchquellung des Dammkörpers in Betracht, daneben der Angriff durch den Strom und durch Eisgang. Die Beschädigung durch Wellenschlag spielt zwar auch eine Rolle, jedoch nicht in dem Masse wie bei den Deichen in Flutgebieten, namentlich aber bei denen an der See, wo der mechanische Angriff der Wellen bei Sturmfluten ein sehr heftiger ist und sich zugleich gegen den oberen schwächeren Teil des Deiches richtet. — Sieht man von den Anschwellungen bei plötzlich auftretender Eisstopfung ab, so lässt sich der Eintritt gefährlich wirkender Hochwasserstände an den oberen Flussläufen infolge des überall vorhandenen Nachrichtendienstes mindestens 1—2 Tage voraussehen. Es bleibt also immer Zeit zur Einberufung der Deichwachen, Bereitstellung von Arbeitskräften und Verteilung der vorrätig gehaltenen Materialien (Sandsäcke, Sand, fetter Boden, Busch, Pfähle, Hölzer und Bretter, Dünger u. s. w.), nebst Geräten in die Nähe besonders bedrohter Punkte. Werden dann im Laufe des Hochwassers stärkere Quellenbildungen an der Binnenseite des Deiches von der (im Tag- und Nachtdienst thätigen) Deichwache wahrgenommen, so muss zunächst versucht werden, dieselben von der Aussenseite aus zu dichten. Hierbei ist zu beachten, dass die Einlaufstelle im Strom nicht immer der Auslaufstelle an der Binnenseite gegenüber liegt; vielmehr wird der Weg der Wasseradern häufig durch unregelmässig laufende Maulwurfs- und Mäusegänge beeinflusst. Oft lässt sich die Lage der Einlaufstelle durch eine Stange, an deren Ende ein Sack mit etwas Sand oder ein Strohwisch befestigt ist, ermitteln, indem man dieselbe an der Aussenböschung langsam hin- und herschiebt und zugleich die Ablaufstelle beobachtet; mitunter verrät sich die Einlaufstelle (bei starkem Abfluss) durch Bildung eines kleinen Wirbels. In diesem Falle erfolgt die Bedeckung derselben am einfachsten durch einige Sandsäcke (oft genügt schon ein einziger), weil diese sich infolge ihrer nur teilweisen Füllung mit Sand unter Wasser jeder Form der Unterlage anschmiegen. Kann der Ursprung der Quelle aber nicht genau festgestellt werden, so bleibt nur übrig, denjenigen Teil der Aussenböschung, in welchem er vermutet wird, in grösserer Ausdehnung mit Sandsäcken, Mist oder thonigem Boden zu bedecken. Wenn auch dies nicht gelingt, so ist die Quelle an der Binnenseite durch Spiegelhebung unschädlich zu machen. Zu diesem Zwecke wird die nächste Umgebung der Quelle mit einem provisorischen Fangedamm (aus Brettern mit Mistdichtung oder aus Sandsäcken) umschlossen, innerhalb dessen das Wasser ähnlich wie bei den Kuverdeichen ansteigt (vergl. Auslage). Klares Wasser an der Austrittstelle ist weniger gefährlich als trübes; werden zugleich gröbere Erdteile mit ausgeworfen, so empfiehlt sich eine vorübergehende Bedeckung mit

Sandsäcken oder Mist. Die Gefährdung des Deiches nimmt mit der Tiefenlage der Quelle zu; Durchsickerungen in der Nähe der Kappe sind weniger nachteilig und lassen sich durch Abrammen oder vorsichtiges Aufgraben und Ausstampfen dichten. — Hinsichtlich der Mittel, welche das Ueberlaufen des steigenden Wassers und das Ueberstürzen des Eises über die Deichkappe hindern sollen, vergl. den Artikel Aufkadung. Gelingt es nicht, eine solche Aufkadung rechtzeitig bis zu genügender Höhe zu führen, so ist der Durchbruch des Deiches an der Ueberlaufstelle die fast unausbleibliche Folge. Absackungen der Binnenböschung treten infolge lange andauernden Hochwassers namentlich auf Strecken ein, die aus stark sandhaltigem Boden hergestellt sind oder in denen der Deich vor einem tiefen Kolk liegt und eine sogen. „Auslage" (s. d.) bildet. Eine Verstärkung des Deichs lässt sich in diesem Falle durch Herstellung eines Fangdammes auf der Aussenböschung (vergl. Fig. 1) bewirken, während alle derartigen Arbeiten auf der durchweichten Binnenböschung zu vermeiden sind. — Absackungen der Aussenböschung sind seltener und können nur vorkommen, wenn der Strom den Fuss des Deiches unterwaschen hat, diesem also das nötige Vorland fehlte. Hier helfen Steinschüttungen oder besser mit Steinen gefüllte Senkfaschinen oder Sandsäcke in grösserer Menge, welche Ersatz für die fortgerissene Böschung bilden müssen. — Die Durchweichung des Bodens am Fusse der binnenseitigen Böschung und ein Fortschieben oder Herauspressen desselben während des Hochwassers ist dann möglich, wenn der Deich in der Nähe eines Kolkes eine „Auslage" bildet und diese nicht durch einen Kuverdeich umgrenzt ist. Die hierdurch hervorgerufene Gefahr ist besonders gross, weil der in Bewegung geratene Untergrund den Einsturz einer längeren Deichstrecke zu bewirken pflegt und an solchen Stellen gewöhnlich auch ganz bedeutende Auskolkungen entstehen. Dieser Gefahr lässt sich nur dadurch vorbeugen, dass der fehlende Kuverdeich in möglichster Eile hergestellt bezw. durch enien Fangedamm ersetzt wird. — Die Beschädigung durch Wellenschlag an Deichen, welche an der See oder in breiten Flussstrecken liegen, beginnt damit, dass zunächst in die glatte Fläche der Aussenböschung kleine Vertiefungen (Spülstellen) gerissen werden, welche sich allmälich zu Schöllöchern vergrössern und die darüber liegenden Bodenteile ihres Halts berauben. Dieser Vorgang pflanzt sich bei anhaltendem Wellengange allmälich bis zur Kappe des Deiches fort und bereitet dadurch die sogen. Kappstürzung vor, bei welchem ein Teil der Kappe abrutscht. — Hat man es mit einem Seedeich zu thun, so sind bei Eintritt der Ebbe die Beschädigungen der Aussenböschung nach erfolgter Abschrägung der steilen Bodenkanten durch eine Spreutlage aus Busch einzudecken und zwar auf einer Unterlage von Stroh, Rohr oder Heidekraut, oder es ist die möglichst gut eingeebnete Fläche mit Stroh zu besticken. Unter Umständen lassen sich auch geflochtene Hürden von 4—6 m Länge und 0,6—1,5 m Breite (sogen. Fleeke), ferner Lagen von Brettern, die durch Querhölzer und Pfähle befestigt werden, oder mit Sandsäcken beschwerte Segel mit Erfolg verwenden. — Bei Flussdeichen ist den durch Wellenschlag herbeigeführten Beschädigungen der Aussenböschungen am besten durch Faschinen, Strohdecken, Flecken oder Aufbringen einer Lage Schuttstroh vorzubeugen; die Befestigung geschieht durch Pfähle unter Mitverwendung von Würsten bezw. Strohseilen. Etwa entstandene Löcher sind vor Aufbringen der Schutzdecke mit Sandsäcken, Dünger, thonigem Boden oder Stroh auszufüllen. — Bei beginnendem Kappsturz eines Deiches hilft am schnellsten das Einschlagen von senkrechten, durch ein Gurt-

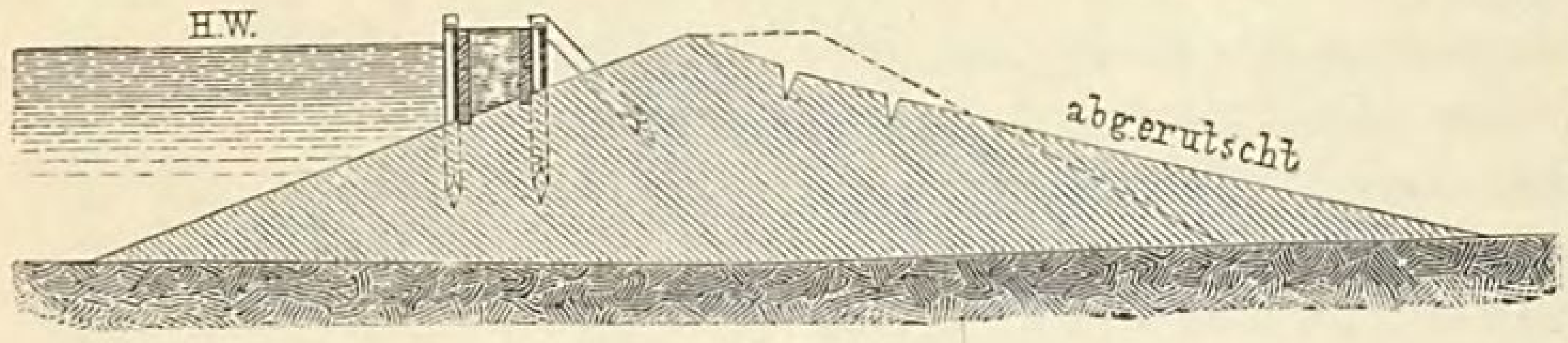


Fig. 1.

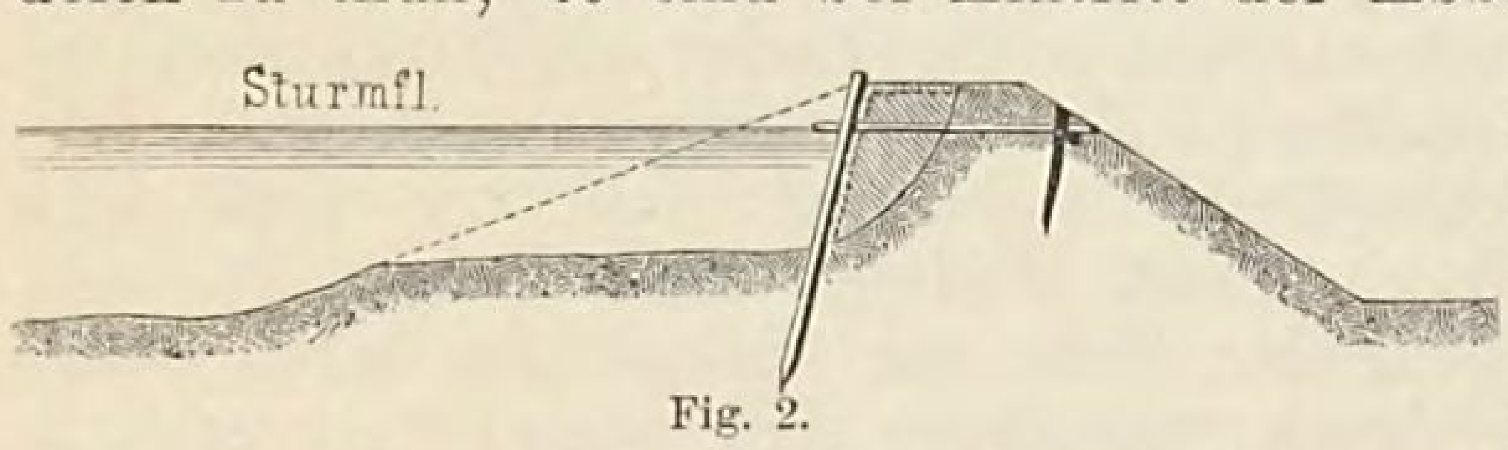


Fig. 2.

stück verbundenen Brettern auf der Aussenseite des Kappsturzes; hinter dieselben wird Mist, Stroh oder gute Erde gepackt. Haltbarer, aber zeitraubender ist die Verwendung stärkerer Hölzer nach Fig. 2. Aus denselben wird eine Holzwand hergestellt, welche thunlichst in der Linie der Kappe liegt und gleichfalls in beschriebener Weise hinterpackt wird. *Frühling.*

Deisterformation oder -Schichten, auch Wealden- oder Hilfsformation werden in der Geologie die ältesten Kreidebildungen in Norddeutschland (Westfalen, Hannover und Braunschweig im Deister) genannt. Es sind Ablagerungen des süssen und brackischen Wassers, welche aus Schieferthon, Sandstein und Kohlenflötzen bestehen, von welch letzteren einige abbauwürdig sind. Als geschätztes Baumaterial gilt die untere Abteilung der Deisterschichten, der sogen. Deister-, Wealden- oder Hilssandstein, ein weisser, hellgelber oder hellgrauer, stellenweise durch Kohlebeimengung dunkel gefärbter, mittel- bis feinkörniger, dickbankiger Sandstein. Er besteht wesentlich aus gerundeten Quarzkörnern, welche durch ein kieseliges, seltener thoniges Bindemittel verkittet sind. Durch Fehlen des Bindemittels geht er in Sand, durch Aufnahme von Geröllen in Konglomerate über. Die Druckfestigkeit auf den qcm schwankt zwischen 500 und 1000 kg; sie beträgt bei dem sogen. Obernkirchener Sandstein vom Kamm des Bückeberges, welcher bei vielen Monumentalbauten in Deutschland verwendet wurde, 687 kg. Der Sandstein dient vorzugsweise zu Hochbauten, Verkleidungen, Ornamenten u. s. w. *Leppla.*

Dekadenwiderstände, s. Widerstand, elektrischer.

Dekagonalzahlen (Zehneckzahlen), Polygonalzahlen von der Form $n\,(4n-3)$, also 1, 10, 27, 52, wenn man n der Reihe nach $= 1, 2, 3, 4\ldots$ setzt.

Dakalkirpapier, s. Metachromatypie.

Dekameter, Kette oder Stab, ein Längenmass von 10 m Länge.

Als Massbezeichnung nur bei einer Wiederholung der Eichung bis zum 31. Dezbr. 1896 zugelassen gemäss den Uebergangsbestimmungen betreffend die Zulassungsfristen für ältere Masse, Messwerkzeuge, Gewichte und Wagen vom 30. Dezbr. 1884 (Reichsgesetzblatt 1885, Beilage zu Nr. 5, Art. 1, I). 100 Dekameter = 1 Kilometer. S. auch Metrisches System und Längenmasse. *F. Plato.*

Dekantiren, s. unter Abgiessen.

Dekantirungskasten nennt man umfangreiche, wasserdicht aus Holz hergestellte Kästen, welche zum Auffangen der beim Sortiren verschiedener Faserstoffe, wie des zur Papierfabrikation verwendeten Holzzeuges, mit dem Abfallwasser abgehenden, noch brauchbaren Fasern dienen und mit mehreren über einander angeordneten Hähnen versehen sind, durch welche das über dem sich sammelnden Fasermateriale befindliche Wasser schichtenweise abgelassen werden kann. S. Holzzeug und Papierfabrikation. *Maxim. Kraft.*

Dekapiren, Verfahren, Metalle von anhängendem Oxyd oder Glühspan zu befreien. Zink wird meistens auf mechanische Weise durch Scheuern mit Sand und Bimsteinpulver dekapirt, aber auch das beim Gelbbrennen benützte Bad leistet ausgezeichnete Dienste. Für grössere Gegenstände, die sich nicht gut eintauchen lassen, nimmt man eine Lösung von weinsaurem Kali-Ammoniak, verdickt dieselbe mit so viel Thon, dass ein flüssiger Brei entsteht und trägt denselben auf. Nach wenigen Stunden reibt man den Gegenstand mit einer Bürste ab und verwendet dabei auch feinen, mit der Beize angefeuchteten Sand. Messing, Tombak, Kupfer und Neusilber werden durch Eintauchen in eine Mischung von 1 Teil Schwefelsäure auf 8—10 Teile Wasser dekapirt, indem man sie in derselben belässt, bis die schwarze Oxydhaut gelöst ist und sie dann dem Gelbbrennen unterwirft. *Andés.*

Dekatiren der Wollstoffe, Dämpfverfahren, bei welchem die auf einem durchlochten Eisen- oder Kupfercylinder aufgerollten und mit Packtuch umhüllten Wollstücke der Wirkung des trockenen Dampfes von $^1/_2$—$2^1/_2$ Atm. Ueberdruck so lange ausgesetzt werden, bis das Zeug davon völlig durchdrungen ist (Dampfkrumpen). Nach diesem ersten Dämpfen lässt man die Stücke erkalten, rollt sie dann auf einen andern Cylinder unter Spannung glatt auf und dämpft nochmals in gleicher Weise. Bei diesem zweiten Dämpfen kommen diejenigen Teile des Stückes, die das erstemal am weitesten von der Mitte (wo die Hitze

am grössten) entfernt waren, derselben am nächsten und so wird die Wirkung des Dämpfens gleichmässiger [1]. In der Tuchfabrikation zum Mildern allzu starken Glanzes (Glanzkrämpen) angewendet.

Litteratur: [1] Knecht, Rawson u. Löwenthal, Handbuch der Färberei der Spinnfasern, Berlin 1895, S. 213.

Dekatirmaschine, s. Dekatiren und Tuchfabrikation.

Deklination, in der Astronomie, s. Koordinaten am Himmel; in der Physik, s. Magnetismus und Deklinatorien.

Deklinatorien [1], [2] sind Einrichtungen zur zeitweiligen oder fortlaufenden Beobachtung der Grösse der Deklination, d. h. des Winkels zwischen den Richtungen des wahren und des magnetischen Meridians. Die genaue Kenntnis derselben ist für die zweckentsprechende Benützung der Magnetinstrumente (s. a. Bussole und Hängezeug) von ganz besonderer Bedeutung. Nach ihrer Bauart dienen die Deklinatorien entweder zur Bestimmung der absoluten Deklination, d. i. der Deklination eines Instrumentes zu einer bestimmten Zeit an einem gegebenen Orte. Es handelt sich hierbei um zeitweilige Bestimmungen, und es werden für diesen Zweck gewöhnlich leicht aufstellbare Instrumente angewendet, z. B. der Hängekompass und der Magnettheodolit, oder es sind die Variationen und Störungen der Magnetnadel fortlaufend zu beobachten. Unter Variationen versteht man die täglichen, mit gewisser Regelmässigkeit wiederkehrenden Aenderungen in der Grösse der Deklination, unter Störungen die häufig auftretenden, unregelmässigen Aenderungen. Die zu letzterem Zwecke dienenden Deklinatorien sind gewöhnlich feststehende und heissen allgemein Variationsinstrumente, je nach der besonderen Bauart auch Magnetometer oder Magnet-Kollimatoren. — Für jedes Deklinatorium ist die Festlegung des astronomischen, d. h. wahren Meridians des Ortes durch Sonnen- oder Sternbeobachtungen erforderlich und eine empfindliche Magnetnadel mit den nötigen Einrichtungen, um die Veränderungen in ihrer Stellung mit thunlichster Genauigkeit messen zu können.

Ein sehr einfaches Deklinatorium, wie es früher fast allgemein benützt wurde, erhält man dadurch, dass auf einer festen Unterlage, am besten auf einem Steinpfeiler die Richtung des wahren Meridians durch die Kante eines aufgeschraubten Lineals bezeichnet ist (die Justirung des Lineals kann mittelst einer Kippregel geschehen) und dass an dieses ein Markscheiderkompass in der Zulegeplatte (s. Hängezeug) angelegt wird. Mit Hilfe einer Lupe können die Aenderungen in der Deklination auf etwa drei Minuten genau abgelesen werden, was für feinere Messungen allerdings nicht hinreichend ist.

Ferner kann zur Bestimmung der Deklination jeder Magnettheodolit benützt werden, d. h. ein Theodolit, der aus unmagnetischen Metallen (unter Vermeidung von Stahl, Eisen, Nickel und Platin) gefertigt ist und mit dessen Alhidade eine Magnetnadel im Gehäuse derart verbunden ist, dass eine bezeichnete Absehlinie zur optischen Axe des Theodolitfernrohrs parallel liegt. Zur Prüfung, ob die Teile des Theodoliten selbst eisenfrei sind, dient zweckmässig das sehr empfindliche Magnetoskop von Lamont [3], welches aus einer exzentrisch aufgehängten Magnetnadel nebst Spiegelablesuug besteht. Der Magnettheodolit wird in dem einen Endpunkte einer orientirten festen Linie, deren Richtung also in Bezug auf den astronomischen Meridian bekannt ist, aufgestellt und das Fernrohr auf den andern Endpunkt gerichtet. Man liest ab und dreht nun das Theodolitfernrohr nebst Alhidade und Kompassbüchse so lange, bis die Magnetnadel auf den Indexstrich einspielt, und liest wiederum ab. Dann gibt die Differenz beider Ablesungen den Streichwinkel der festen Linie gegen den magnetischen Meridian, und man erhält die Deklination, wenn man hiervon das wahre Streichen der Linie abzieht. Jedoch auch diese Einrichtung lässt nur eine näherungsweise Bestimmung der Deklination zu, da einmal die Einstellung der Magnetnadel auf den Indexstrich nicht scharf genug erfolgen kann und bei den älteren Instrumenten ein etwaiger Kollimationsfehler der Magnetnadel nicht beseitigt werden kann. Man versteht hierunter eine etwaige Abweichung der mechanischen Axe der Magnetnadel, nach der die Einstellung auf den Index erfolgt, von der magnetischen Axe der Nadel. Die Verbesserungen, welche an Magnettheodoliten eingeführt worden sind, beziehen sich auf die Verschärfung der Einstellung und Ablesung an der Magnetnadel z. B. durch Mikroskope an der Mikroskopbussole ([3], S. 26) oder durch Spiegel und Fernrohr wie am Hildebrand'schen Röhrenkompass [4], an dem übrigens beide Nadelenden mit einem Blick beobachtet werden können.

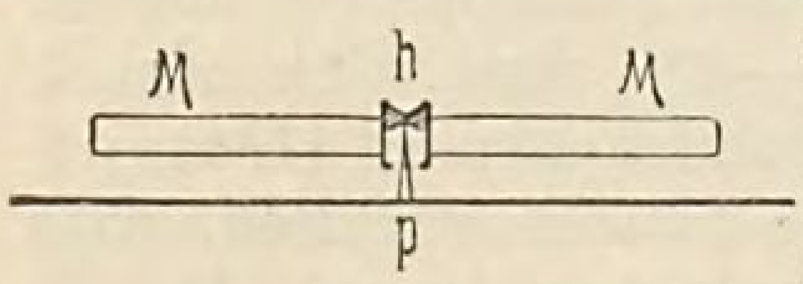


Fig. 1

Bei dem Schmidt'schen aufsetzbaren Spiegeldeklinatorium ([3], S. 34) ist die Prüfung des Parallelismus der Magnetnadeleinstellung und der optischen Axe des Fernrohrs leicht thunlich, auch die Magnetnadel so eingerichtet, dass ein Umlegen derselben (Drehung um die mechanische Axe um 180°) und dadurch eine Elimination (Ausscheidung) des Kollimationsfehlers der Magnetnadel möglich ist. Zu diesem Zweck ist die Nadel *M* in Fig. 1 mit einem Doppelhütchen *h* versehen, welches sich beim

Umlegen in einer Führung auf- und abwärts verschieben kann. Uebrigens werden diese Doppelhütchen zur Verminderung der Reibung und damit Steigerung der Empfindlichkeit der Magnetnadel aus Saphir gefertigt, der erheblich härter ist und eine feinere Politur annimmt als der sonst verwendete Granat; auch ist die Spitze *p*, auf der das Hütchen schwebt, aus Iridium gefertigt, welches etwas härter als Stahl ist.

Bei einer Anzahl Deklinatorien wird statt der Spitzenaufstellung der Magnetnadel die Aufhängung an einem Faden (Coconfaden, feiner Metalldraht, Quarzfaden), bevorzugt. Hierbei muss die Torsion des Fadens beseitigt werden (man sagt den Faden austordiren) und zwar durch entsprechende Drehung des oberen Fadenendes. An Stelle der stark magnetischen Nadel wird, nachdem ihre Richtung beobachtet worden ist, ein ebenso schweres Torsionsgewicht an den Faden gehängt; letzteres besteht aus einem nicht magnetischen Metall und einem kleinen Magneten von geringer Richtkraft. Der kleine Magnet ist ebenso wie die Magnetnadel mit orientirtem Spiegel versehen, so dass die Richtung beider an dem mit Ableseskala versehenen Fernrohr beobachtet werden kann. Nehmen beide Nadeln nach einander an den Faden gehängt dieselbe Richtung an, so ist der Faden austordirt, d. h. die Torsion übt keinen bemerkbaren Einfluss auf die Richtkraft der Magnetnadel aus.

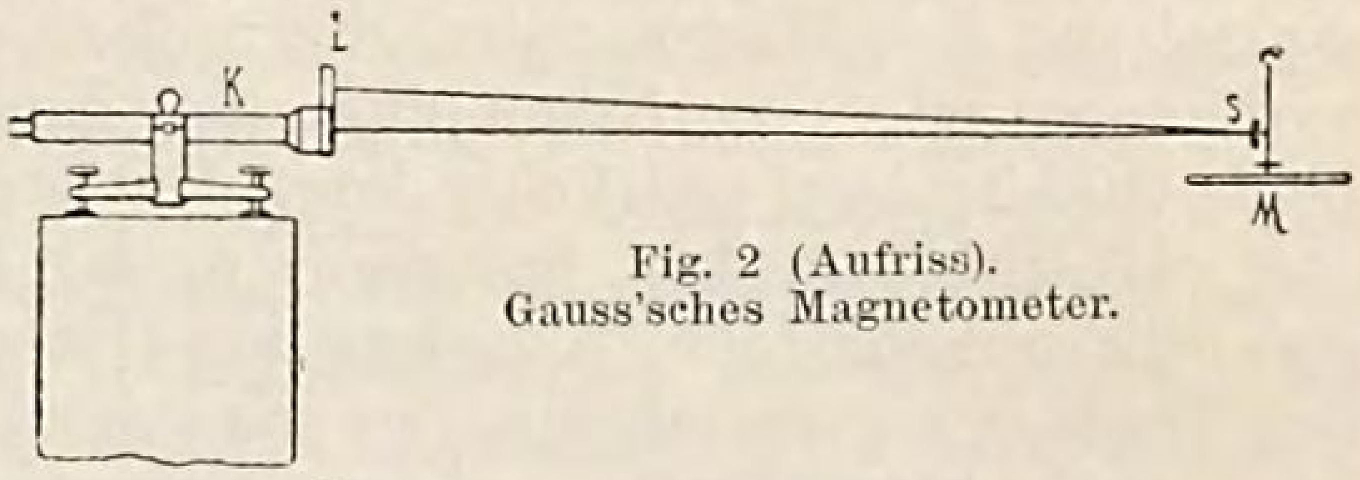


Fig. 2 (Aufriss).
Gauss'sches Magnetometer.

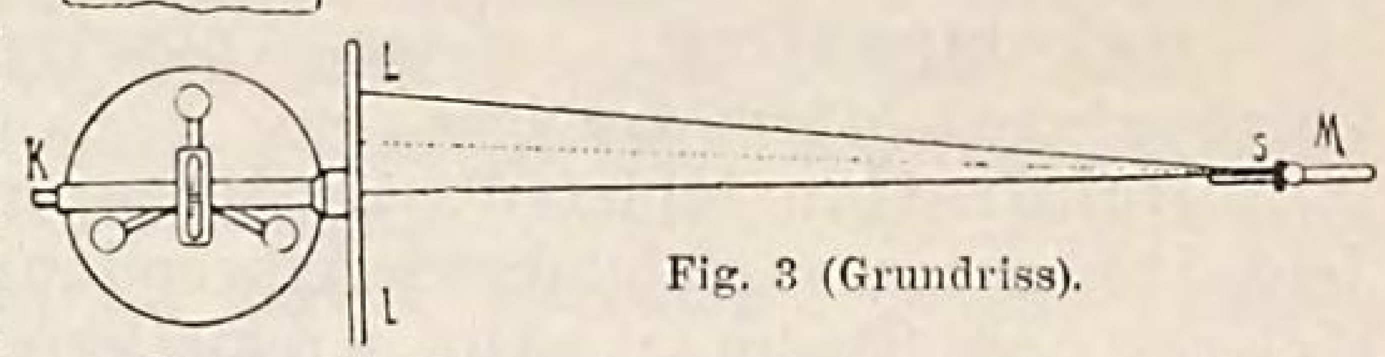


Fig. 3 (Grundriss).

Beim Gauss'schen Magnetometer [1], [2], (s. Fig. 2 und 3) ist die Nadel *M* mit einem Spiegel *s* fest verbunden; ihre Stellung wird mittelst eines Fernrohrs *K* beobachtet, an dem eine Skala *L* befestigt ist, das Skalenbild wird durch den Spiegel ins Fernrohr reflektirt und es kann daher eine Aenderung in der Nadel- und Spiegelstellung dadurch beobachtet werden, dass ein anderer Teilstrich der Skala am Fadenkreuz erscheint. Beträgt die Entfernung der Skala von der Drehaxe des Spiegels 1719 mm, so entspricht 1 mm an der Teilung einem Ausschlagwinkel der Nadel von einer Bogenminute. Ist dann noch die Lage der Abschlinie des Fernrohres gegen den wahren Meridian durch unverrückbar angebrachte Marken festgelegt und, z. B. durch gleichzeitige Beobachtung an einem Magnettheodoliten bekannt, welcher Teilpunkt der Skala (Normalpunkt) einer bestimmten Grösse der Deklination entspricht, so sind alle Grundlagen zur Beobachtung der Deklinationsänderungen gegeben. Uebrigens sind die neueren Deklinatorien stets mit Kupferdämpfung der Nadel versehen, wodurch die Schwingungen ruhiger werden. Das Fernrohr und die Aufhängevorrichtung der Magnetnadel nebst Schutzgehäuse werden am besten auf massiven Pfeilern in einem besonderen Raume aufgestellt. — Borchers verbindet in seinem Magnet-Kollimator [2] eine im Schutzgehäuse aufgehängte Magnetnadel mittelst eines lösbaren Armes mit dem Dreifuss des Theodoliten und beobachtet die Nadelschwingungen durch das Theodolitfernrohr mit Hilfe einer feinen Skala und einer Linse, die an der Magnetnadel angebracht sind; auch hat letztere zum Umlegen zwei Aufhängehaken.

Besonders beachtenswert sind die selbstschreibenden Deklinatorien [5], die in neuerer Zeit an mehreren Orten, so in Beuthen, Bochum, Klausthal, Potsdam, Wilhelmshaven aufgestellt sind, da sie die Variationen und Störungen der Magnetnadel mit Hilfe der Photographie selbstthätig und fortlaufend aufschreiben.

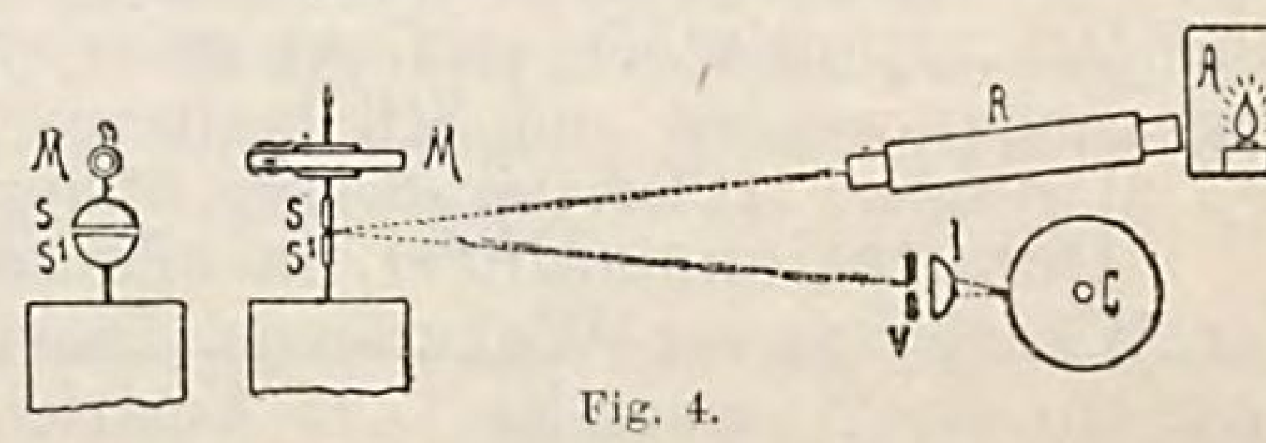


Fig. 4.

In der Prinzipskizze (Fig. 4) bezeichnet *A* eine Benzinlampe, deren Licht durch das mit Linsen versehene Rohr *R* als breiter vertikaler Streifen auf die Spiegel *s* und s^1 geworfen wird. Der Spiegel *s* ist wie beim Magnetometer mit einer aufgehängten Magnetnadel *M* verbunden, der Spiegel s^1 steht fest. Die Magnetnadel kann durch Drehung in der ringförmigen Fassung umgelegt werden. Im allgemeinen stehen die beiden Spiegel nicht parallel zu einander und es werden daher zwei Lichtstreifen reflektirt, die durch ein Vorsatzstück *v* und eine Linse *l* je zu einem Punkte auf dem Cylinder *C* vereinigt werden. Auf der Umfläche des letzteren ist photographisches Papier befestigt und der Cylinder macht in 24 Stunden, durch ein Uhrwerk getrieben, eine Umdrehung, auch ist Vorkehrung getroffen, um Zeitmarken auf dem photographischen Papier anzubringen. Der vom festen Spiegel s^1 reflektirte Lichtstrahl behält stets dieselbe Richtung bei, die Spur desselben erscheint daher auf der abgewickelten Photographie als eine gerade Linie, Basis, Grundlinie, Zeitlinie genannt, entsprechend dem Normalpunkte an der Skala des Magnetometers. Der von dem Spiegel *s* zurückgeworfene Lichtstrahl macht jedoch mit der Magnetnadel Schwingungen und zeichnet daher auf dem photographischen Papier eine Kurve. Die Abstände ihrer einzelnen Punkte von der Grundlinie sind proportional der Grösse des doppelten Ausschlagwinkels der Magnetnadel infolge der Variationen und Störungen, aus ihnen kann die Aenderung der Deklination für jeden Zeitpunkt

ermittelt werden. Zum Vergleich mit den an anderen Instrumenten erhaltenen Beobachtungen und zur Prüfung des regelmässigen Ganges des Instrumentes ist wie beim Magnetometer ein Beobachtungsfernrohr aufgestellt, in dessen Gesichtsfeld durch die beiden Spiegel zwei gegen einander etwas verschobene Skalenbilder erscheinen. Der ganze Apparat ist in einem dunklen Beobachtungshäuschen untergebracht; doch wird die Schreibvorrichtung nicht gestört, wenn zur Benützung des Kontrollefernrohres Spiegel und Skala beleuchtet werden.

Litteratur: [1] Brathuhn, O., Lehrbuch der praktischen Markscheidekunst, 2. Aufl., Leipzig 1894, S. 308. — [2] Borchers, E., Die praktische Markscheidekunst, Hannover 1870, S. 160. — [3] Schmidt, M., Fortschritte in der Ausführung von Orientirungsmessungen mit der Magnetnadel, Jahrbuch für das Berg- und Hüttenwesen im Königreiche Sachsen auf das Jahr 1888, S. 16, Freiberg 1888. — [4] Hildebrand, Ein neuer Röhrenkompass, Oesterr. Zeitschrift für Berg- und Hüttenwesen, S. 83, Wien 1886. — [5] Brathuhn, O., Das selbstschreibende Deklinatorium in Klausthal, Zeitschrift für das Berg-, Hütten- und Salinenwesen im preussischen Staate Bd. 38, S. 223, Berlin 1890. *Treptow.*

Deklinograph (Deklinometer, von R. Fuess in Berlin konstruirter Apparat zur graphischen Aufzeichnung von Deklinationsdifferenzen, besteht aus zwei Stahlspitzen, von denen die eine mit dem beweglichen Faden für die Deklinationseinstellung des Mikrometers, die andere mit den festen Teilen des Okularstückes verbunden ist. Im Augenblick der Einstellung wird ein Papierstreifen gegen beide Stahlspitzen gedrückt, deren Entfernung gleich ist der Deklinationsdifferenz.

Dekolorimeter, besonders in der Zuckerindustrie verwendete Instrumente von sehr verschiedener Konstruktion (Payen, Ventzke, Stammer etc.) zur Messung des Entfärbungsvermögens der Knochenkohle etc. S. Zucker.

Dekomponiren, in der Weberei das Absetzen eines Musters auf die Patrone nach einem Gewebe.

Dekoration bildet den äusseren und innern Schmuck des nackten Zwecklichkeitsbaues; sie erfolgt durch Anwendung der drei bildenden Künste: Architektur, Malerei und Skulptur. Die Architektur gibt die Hauptidee und Anlage der Dekoration an; sie besteht in Säulenstellungen mit Gebälke, Gesimsteilungen, Wandverkleidungen etc.

Malerei und Skulptur können in zwei Beziehungen als Schmuck der Architekturteile auftreten: 1. In unmittelbarer Verbindung mit der Architektur als Ornament mit zweierlei Zwecken, einmal, um die struktive Thätigkeit der Architekturteile anzudeuten (struktives Ornament) [1], wozu die verschiedenen Kapitäle, die Verzierungen der Säulenfüsse, der Säulenschäfte, der Gesimse u. s. w. gehören, und sodann als malerischer und plastischer Schmuck, um die nicht struktiven Teile eines Baues, die sogen. neutralen Felder, in einer dem Auge des Beschauers angenehmen und anregenden Weise verzieren zu helfen (neutrales Ornament). Zu den letzteren gehören die verschiedenen Dekorationen des Frieses, des Giebelfeldes, der Pilaster, Wandfüllungen u. s. w. In beiden Verwendungen des Ornaments tritt der malerische und plastische Schmuck in eine so nahe Verbindung mit der Architektur, dass sie ein untrennbares Ganzes bilden. 2. Es können aber Malerei und Plastik auch in einem loseren Zusammenhange mit der Architektur stehen, so zwar, dass sie mehr oder weniger selbständige Werke zu schaffen im stande sind. Dazu gehören an passenden Orten aufgestellte Statuen oder Büsten, ferner die grossen Wandmalereien öffentlicher Gebäude oder die kleineren Tafelbilder, die unsere Salons schmücken.

Bei Festlichkeiten aller Art werden auch an bestehenden Bauten oder besonders angelegten Gerüsten Dekorationen vorübergehend angebracht. Soll eine Dekoration schön sein, so muss sie massvoll und mit richtigem Verständnis angewendet werden und Stil besitzen.

Litteratur: [1] Schubert-Soldern, Stilisiren der Pflanzen, Zürich 1887. *v. Schubert-Soldern.*

Dekorationsmalerei, im allgemeinen sich auf die innere Ausschmückung der Wände unserer Wohnräume, Innenräume, öffentlicher Lokale und Gebäude und an der Aussenseite, auf Anstrich der Möbel, Thüren, Fenster u. s. w. beziehender Zweig der Malerei, der vom Maler, Dekorationsmaler, Anstreicher, Zimmermaler ausgeübt wird; im besonderen versteht man unter Dekorationsmalerei die Herstellung von Theatermalereien. Letztere werden immer in Wasserfarben — Leimfarben — ausgeführt und erfordern, um die unbedingt nötige Wirkung bei der Entfernung und der künstlichen Beleuchtung hervorzubringen, künstlerische Anlage, Kenntnis der Linear- und Luftperspektive und ausgebildeten Farbensinn; die Ausschmückung von Wohnräumen und öffentlichen Lokalen geschieht sowohl mit Wasser- als auch mit Oel- und Lackfarben und ist für dieselben, mit wenigen Ausnahmen, eine mehr handwerksmässige Ausbildung des Malers erforderlich. S. auch Fresko-Malerei. *Andés.*

Dekortikationsmaschine, s. Ramiéspinnerei.

Dekupirsäge, s. Sägen und Sägemaschinen.

Delaloë-Maschine, s. Festigkeitsprobirmaschinen.

Delfter Fayencen, stark glasirte Töpferwaren, meist Gebrauchsgeschirr, seit Ende des sechzehnten Jahrhunderts in Delft und Umgebung fabrizirt. Die Industrie erreichte ihre Blütezeit um die Mitte des siebenzehnten Jahrhunderts, ging nach Erfindung des Porzellans stark zurück, lebt aber neuerdings wieder auf. Die Delfter Fayencen sind durch eigentümliche blaue Bemalung charakterisirt, welche sich an japanische und chinesische Vorbilder anlehnt.

Litteratur: Havard, Histoire de la faïence de Delft, Paris 1878.

Delftware, mit Fayenceblau (s. Indigo) gefärbtes oder bedrucktes Baumwollgewebe.

Delphine, die Henkel (Handhaben) einer Kanone.

Delphinthran, s. Thran.

Delta nennt man die dreieckigen, $\triangle$-förmigen Aufschüttungsformen der Flüsse an ihren Mündungen. Die Spitze des Dreieckes (Deltas) liegt flussaufwärts, die Basis bildet das Ufer des Mündungsraumes. Soweit die Ablagerungen ein grobes Korn besitzen, also Schotter, Schutt oder Kies sind, werden die Deltaformen bei möglichst unvermitteltem und starkem Erweitern des Ueberschwemmungsbereiches der Flüsse mehr den Schuttkegeln ähnlich sehen. Ist aber die Aufschüttung der Flüsse von feinem, sandigem oder schlammigem Korn, so stellen die Deltas sehr flache und nahezu ebene Flächen dar. Sie entstehen in erster Linie durch eine ziemlich plötzliche Verminderung der Stosskraft des fliessenden Wassers, die letzteres zwingt, die von ihm mitgeführten Schlamm-, Sand- oder Kiesteile fallen zu lassen und aufzuschütten. Solche Fälle treten ein an der Mündung eines Flusses von stärkerer Stosskraft in ein Gewässer von schwächerer oder fehlender Stosskraft, in letzterem Falle also an den Mündungen der Flüsse in Seen und Meere. Die Deltabildung unterbleibt, wenn der Hauptfluss eine stärkere Stosskraft als der Seitenfluss besitzt oder wenn die Mündungsstelle im stehenden Wasser (See, Meer) eine sehr steile Küste zeigt, welche eine unmittelbare Aufhäufung des mitgebrachten Schlammmaterials an der Mündung verhindert. In der Oberflächengestaltung unterliegen die Deltas an den Küsten der Meere den Einflüssen der Gezeiten und Meeresströmungen in hohem Masse. Der Boden der Deltas besteht in der Regel bei grossen Flüssen aus sandigem und thonigem Flussschlamm, welcher von den jährlichen Ueberschwemmungen zurückgelassen wird und meist sehr fruchtbar ist. Das Grundwasser steht sehr hoch und reicht in trockenen Zeiten selbst bis nahe an den Tag, der Untergrund ist daher sehr feucht. Oertlich tritt Vertorfung zwischen den von zahlreichen Läufen und Flussarmen durchzogenen Deltaflächen ein.

Litteratur: Penck, A., Morphologie der Erdoberfläche, Stuttgart 1894, II, 505. *Leppla.*

Deltametall, besonders in England zur Herstellung von Schiffsbeschlägen, Schiffsschrauben, Maschinenteilen, auch Hausgeräten gebräuchliche Kupfer-, Zink-Eisenlegirung von goldähnlicher Farbe. In der Regel enthält die Legirung auch einen geringen Zusatz von Blei, Zinn und Mangan, ferner Spuren von Nickel und Phosphor. Nach Hampe enthält Deltametall von A. Dick & Co. in Düsseldorf:

	Gegossen	Geschmiedet	Gewalzt		Gegossen	Geschmiedet	Gewalzt
Kupfer . . .	55,94	55,80	55,82	Zink	41,61	40,07	41,41
Blei	0,72	1,82	0,76	Nickel . . .	Spur	Spur	0,06
Eisen . . .	0,87	1,28	0,86	Phosphor . .	0,013	0,011	Spur
Mangan . .	0,81	0,96	1,38				

Deltoid, ein Viereck, welches in Bezug auf eine Diagonale symmetrisch ist. Die Diagonalen stehen auf einander senkrecht.

Demantoid, s. Granat.

Demi-cuite, s. Seidenspinnerei.

Demontirbatterie, im Festungskrieg, s. unter Festungsbau.

Dempgording, s. Takelage.

Denaturirungsmittel, s. Spiritusfabrikation.

Dendrometer (Baummesser), Instrumente zur Ermittelung der messbaren Verhältnisse stehender Bäume, insbesondere Höhenmesser (Hypsometer) zur Messung der Baumhöhen. Zur Bestimmung des Durchmessers bedient man sich eines Messbandes oder einer Kluppe (s. d.), zur Ermittelung der Holzmasse durch Untertauchen von Holzstücken unter Wasser des Xylometers (s. d.).

Dengelamboss, Dengelmaschine, Dengeln, Dengelstock, s. Dängelmaschine.

Denier, franz. Gewicht = 1,275 g, bei Seidengarn nur 0,0531 g. Bei der Numerirung des Seidengarns ermittelt man, wieviel Deniers ein Strähn Seide von 476 m (ancien titre) oder von 500 m (nouveau titre) wiegt.

Denkmal ist ein bedeutsames Erinnerungszeichen an hervorragende Personen oder wichtige Begebenheiten. Das älteste Denkmal ist jenes, das über dem Grabe eines hervorragenden Mannes errichtet wurde, und die älteste Form dieses Grabmales der Tumulus, eine grosse Masse von Erde oder Steinen, zu einem Hügel über der Leiche oder Asche aufgehäuft (ein Mal). Andere Grabdenkmäler sind die Pyramiden in Aegypten, die Dagops in Indien, die Felsskulpturen in Persien [3]; zu diesen gesellen sich die verschiedenartigsten Formen in Griechenland, die Mausoleen und andere Grabmonumente zu Rom, sowie die der neueren Zeit. — Von alters her erhielten aber auch besonders hervorragende Männer und die Herrscher des Landes an anderen Orten als den Gräbern Denkmäler, zumeist aus den porträttreuen Statuen der betreffenden Persönlichkeiten bestehend, die im Altertum am häufigsten in der Nähe der Tempel, später auf öffentlichen Plätzen errichtet wurden. In ähnlicher Weise werden besonders wichtige Begebenheiten durch monumentale Kunstwerke der Nachwelt in Erinnerung gebracht.

So wurden z. B. bei den olympischen Spielen oder den choragischen Wettkämpfen den Siegern Dreifüsse als Preis zuerkannt, die sie an einer bestimmten Strasse in Athen (der Tripodenstrasse) aufstellen konnten. Die Dreifüsse standen entweder auf einer Säule oder in grösseren baulichen Anlagen; so entstanden die choragischen Denkmale, deren bedeutendstes das des Lysikrates ist. In weit hervorragenderer Weise aber sind die Siege der einzelnen Völker durch grössere Denkmale gefeiert worden. Aus dieser Veranlassung wurden schon im Altertume Tempel oder tempelartige Gebäude (Votivtempel) errichtet, z. B. das bekannte Nereidendenkmal von Xanthos, welches zur Feier der Eroberung von Telmissos durch die Xanthier errichtet wurde. Aehnliche Anlagen finden sich aber auch in der christlichen Kunst; hier wurden nicht nur im Mittelalter, sondern auch in der neuesten Zeit kirchliche Gebäude (Votivkirchen) zur Erinnerung an Siege, Friedensschlüsse, Errettung aus harter Bedrängnis oder Verunglückung zahlreicher Personen u. s. w. hergestellt. Beispiele: Votivkirche in Wien [6], sowie das Sühnhaus daselbst, letzteres erbaut über der Stätte der abgebrannten komischen Oper u. s. w. Hervorragende Siege wurden auch nicht selten durch Säulen (Siegessäulen) gefeiert, ein Gebrauch, der sich bis in die neueste Zeit erhalten hat (z. B. Siegessäule in Berlin etc.). Seesiege wurden durch Säulen mit Schiffsschnäbeln verziert (columna rostrata) charakterisirt (z. B. die Säule des Duilius in Rom, in neuester Zeit das Tegethoffdenkmal in Wien). Desgleichen sind die antiken Triumphbögen in der Regel zur Erinnerung an bedeutende Siege und den durch dieselben gezogenen Triumphzug errichtet worden [2]. Eine ähnliche Bedeutung haben die Obelisken, die zuerst in Aegypten, später aber auch im Abendlande zum Andenken an wichtige Begebenheiten aufgestellt wurden.

Im weiteren Sinne sind alle bedeutenden Bauwerke und Monumente als historische oder künstlerische Denkmale eines Landes, einer Stadt oder einer bestimmten Kunstperiode aufzufassen [1], [4], [5], [7].

Litteratur: [1] Lübke, W. und Lützow, C., Denkmäler der Kunst etc., Stuttgart 1877|79. — [2] Kuhn A., Die Denkmale des christlichen und des heidnischen Rom in Wort und Bild, Einsiedeln 1878. — [3] Stolze, F., Persepolis, Berlin 1882. — [4] Weerth, E., Kunstdenkmäler des christl. Mittelalters in den Rheinlanden, Leipzig 1880. — [5] Bauwerke, Die klassischen, des Mittelalters und der Renaissance in Deutschland, Frankfurt 1878/79. — [6] Thausing, M., Die Votivkirche in Wien, Wien 1879. — [7] von Wussow, Die Erhaltung der Denkmäler in den Kulturstaaten der Gegenwart, Berlin 1884, 2 Bde.

v. Schubert-Soldern.

Densimeter sind Aräometer, welche (zum Unterschied von den Volumetern mit gleichgeteilter Spindel) eine ungleichförmige Teilung tragen und die spezifischen Gewichte der Flüssigkeiten unmittelbar angeben. S. Aräometer.

Denudation, s. Erosion.

Depeschenboot, s. Aviso.

Dephlegmator, s. Destillation, Spiritusfabrikation.

Deplacement. Unter Deplacement eines Schiffes versteht man das Gewicht des vom Schiffsrumpf verdrängten Wassers und gibt dasselbe demnach das Eigen-

gewicht des Schiffes nebst Maschine an mit der entsprechenden Zuladung. S. auch Schiffsberechnung.

Deplacementsschwerpunkt, s. Auftrieb und Schiffsberechnung.

Depotstationen, dienen zur Aufbewahrung von Inventarienstücken, welche sowohl beim Bau als auch beim Betriebe der Eisenbahnen je nach Bedarf eingerichtet werden. Es werden alle für Reparaturen am Oberbau erforderlichen Ersatzstücke, Schwellen, Schienen nebst Laschen u. s. w., in grösseren Mengen hier vorrätig gehalten und je nach Erfordern von anderen Stationen requirirt. Die für die Ausrüstung der bedeckten Güterwagen zum Transport von Mannschaften oder Pferden in den Wagen anzubringenden Teile, ebenso die bei Kleinviehwagen einzulegenden oder herauszunehmenden Böden, ferner die bei offenen Güterwagen häufig benützten Decken u. s. w. werden ebenfalls einer Depotstation zur Aufbewahrung übergeben. Auch sind auf diesen Stationen wohl die zur Hilfeleistung bei Unfällen dienenden Hilfswagen, sowie Schneepflüge u. s. w. aufgestellt. *Georg Meyer.*

Depression, barometrische, s. Barometrische Maxima u. Minima.

Depression des Horizonts. In der Geodäsie (Topographie) wird damit oft die Strecke zwischen dem scheinbaren Horizont eines bestimmten Punkts A (Auge des Beobachters) und einem andern Punkt B_1, B_2, ... (vgl. Fig. 1) bezeichnet, der mit A thatsächlich dieselbe Meereshöhe hat, aber bei sphärisch angenommener mathematischer Erdoberfläche auf der durch A gehenden Kugelfläche liegt (bei beliebiger mathematischer Erdform, ellipsoidischer oder geoidischer Fläche, auf der durch A gehenden Niveaufläche).

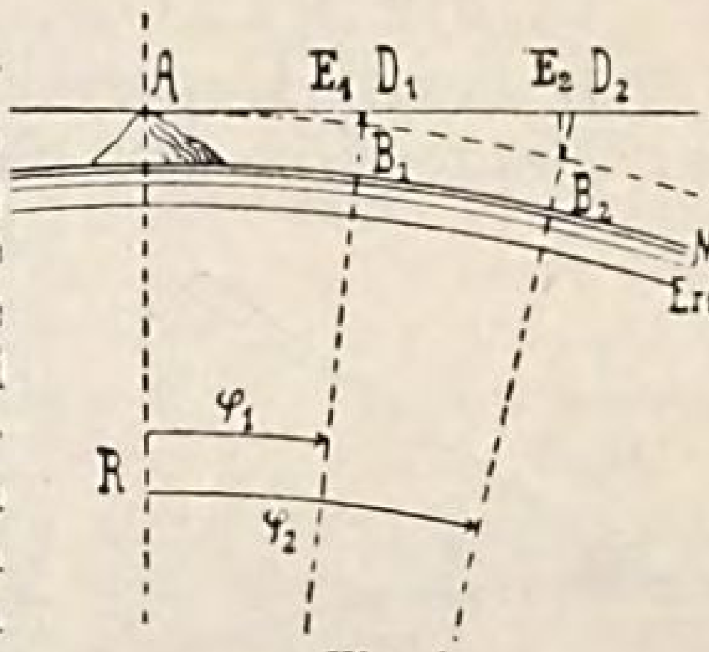


Fig. 1.

Denkt man sich die Zielaxe eines Fernrohrs in A genau horizontal gelegt, so hat ein in dieser Zielaxe erscheinender Punkt, z. B. D_2, nicht dieselbe Meereshöhe wie A, vielmehr der Punkt B_2 hat dieselbe Meereshöhe wie A, und die Strecke BD, eben die „Depression des Horizonts“, wird um so grösser, je grösser die Entfernung der beiden Punkte A und B ist. Da die Zentriwinkel $\varphi_1, \varphi_2, \ldots$, die im Erdmittelpunkt den Strecken AB_1, AB_2, ... entsprechen, für alle praktisch möglichen Fälle nur klein sind, so kann man ganz mit demselben Recht die Lote B_1E_1, B_2E_2 ... auf den Horizont von A als Horizontdepression ansehen, wie die Strecken B_1D_1, B_2D_2 ... Der Erdzentriwinkel von 1^0 entspricht einer Strecke von 111 km auf der Erdoberfläche; für Entfernungen (Aussichtsweiten) von rund 11, 22, 33, 44, 56 km ist also der Erdzentriwinkel nur rund $0^0\,6'$, $0^0\,12'$, $0^0\,18'$, $0^0\,24'$, $0^0\,30'$; und da z. B. $\cos 0^0\,30' = 0{,}99996$ ist, d. h. bei $AB = 56$ km sich die Strecken BD und BE wie $1 : 0{,}99996$ verhalten, so ist im Hinblick auf die Beträge dieser Depression BD für jede Genauigkeitsstufe trigonometrischer Höhenbestimmung das oben Ausgesprochene giltig. Zugleich ist geometrisch unmittelbar klar, dass bei der Kleinheit der Bögen AB (z. B. bis 50 oder 100 km) im Vergleich zu dem Erdhalbmesser R (= z. B. 6380 km) die Längen der Bögen AB_1, AB_2, ... mit den Abscissen AE_1, AE_2, ... vertauscht werden dürfen und dem kurzen Kreisbogen $AB_1\ B_1$... ein Parabelbogen mit dem Scheitelkrümmungshalbmesser R substituirt werden darf; mit andern Worten, wenn a die Entfernung der Punkte A und B ist, so ist die entsprechende Depression des Horizonts von A im Punkt B gleich (Parabelordinate) $\frac{a^2}{2R}$. Dies ist also der „Betrag der Erdkrümmung“ (Einfluss der Erdkrümmung auf den Höhenunterschied zwischen zwei Punkten, die um a von einander entfernt sind).

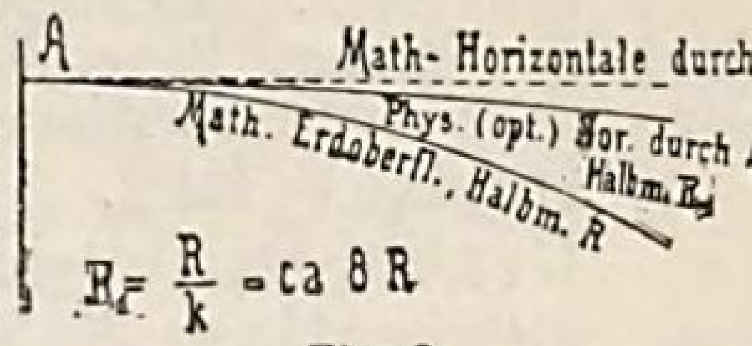


Fig. 2.

Dieser Einfluss der Erdkrümmung und die ganze seitherige Entwicklung erleidet aber noch eine Korrektion infolge der terrestrischen Refraktion, die der Erdkrümmung „entgegenwirkt“, indem sie im allgemeinen die Gegenstände etwas „gehoben“, einen entfernten Punkt unter etwas zu grossem Höhenwinkel erscheinen lässt: ein Punkt E oder D, der in der Zielaxe (Fadenkreuz) eines im Punkt A genau horizontal gerichteten Fernrohrs erscheint, gehört nicht dem mathematischen scheinbaren Horizont von A an, sondern ein solcher Punkt liegt im allgemeinen etwas tiefer, und zwar im Durchschnitt um etwa $^1/_8$ der Strecke BE (vgl. Fig. 2). Ist k der sogen. Refraktionskoefficient (im Mittel auf dem Festland etwa 0,13, aber starken Aenderungen unterworfen, in Ausnahmefällen 0, selbst negativ, anderseits oft 0,2, 0,3, ja selbst bis zu 0,4, vgl. Refraktion, terrestrische, Trigonometrische Höhenmessung), so dass $R_1 = \frac{R}{k}$ den Halbmesser der Krümmung der physischen (optischen) Horizontalen durch den Punkt A bedeutet, so ist der thatsächliche Betrag der Horizontdepression statt des mathematischen Betrags $\frac{a^2}{2R}$ gleich $\frac{a^2}{2R}(1 - k)$.

(Auch der Betrag von R ist mit der geographischen Breite des Beobachtungspunkts und in einem und demselben Punkt mit der Richtung [Azimut] des Vertikalschnitts AB etwas veränderlich, doch sind diese Unterschiede hier nicht von grosser Bedeutung).

Die Beträge $\frac{a^2}{2R}(1-k)$ der Depression des Horizonts sind für Entfernungen bis zu 10 000 m in der folgenden Tabelle enthalten, bei einigen verschiedenen Annahmen über den Refraktionskoefficienten k und der Annahme $\log R$ (m) $= 6.805$; die Tabelle zeigt, dass der (zufällige wirkliche) Betrag von k um so gleichgiltiger ist, je kleiner die Entfernung ist, dass seine Unkenntnis bis zu $a = 3000$ oder 4000 m selbst für feinere Messung so lange wenig zu fürchten ist, als nicht ganz abnorme Refraktionsverhältnisse wahrscheinlich sind, dass aber für solche feinere Messung die Depression des Horizonts bereits für Entfernungen von 500 m fühlbar wird und dass sie, dem Wachstum proportional dem Quadrat der Entfernung entsprechend, rasch sehr bedeutende Beträge erreicht. (Die a und die Depressionen sind in m angegeben.)

a m =	500	1000	1500	2000	3000	4000	5000	6000	7000	8000	9000	10000
$k = 0$ (Erdkg. allein)	0,02	0,08	0,18	0,31	0,71	1,25	1,96	2,8	3,8	5,0	6,3	7,8
$k = 0{,}11$. .	0,02	0,07	0,15	0,28	0,62	1,12	1,74	2,5	3,4	4,5	5,6	7,0
$k = \mathbf{0{,}13}$. .	**0,02**	**0,07**	**0,15**	**0,27**	**0,61**	**1,09**	**1,70**	**2,5**	**3,3**	**4,4**	**5,5**	**6,8**
$k = 0{,}15$. .	0,02	0,07	0,15	0,27	0,60	1,07	1,66	2,4	3,3	4,3	5,4	6,7

Z. B. liegt also ein Punkt, der im Horizontalfaden eines genau horizontal gelegten Fernrohrs erscheint und 3000 m von diesem entfernt ist, nicht gleich hoch mit dem Fernrohr, sondern 0,61 m höher u. s. f. Für noch grössere Entfernungen gibt die folgende zweite Tabelle (a in km, $k = \mathbf{0{,}13}$ angenommen) ungefähr (auf 1 m abgerundet) die Grösse der Depression des Horizonts:

a km =	10	12	14	16	18	20	30	40
Depression in m =	7	9	13	17	21	26	60	106

In der N a u t i k, in der astronomischen Navigation, bei Küstenaufnahmen u. s. f. heisst Depression des Horizonts (besser Depression des Meereshorizonts oder Depression der Kimm, Kimmtiefe; engl. dip [of the horizon]) oft der in einem bestimmten Beobachtungspunkt A auf dem Schiff erscheinende Tiefenwinkel zwischen der Horizontalen durch A und der von A aus sichtbaren „Kimm“ (oder dem „Meereshorizont“) K, also in Fig. 3 der Winkel α (α ist abhängig von der Erhebung des Auges über die Meeresfläche; der Sehstrahl AK ist wieder mit seiner in der Zeichnung selbstverständlich weit übertriebenen Krümmung durch die terrestrische Refraktion eingetragen). Der gewöhnlichste Ausdruck für a ist „Kimmtiefe“ (s. d.).

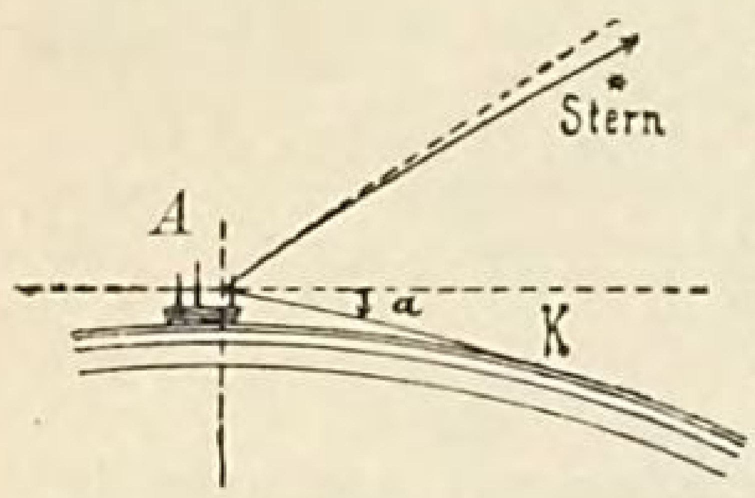


Fig. 3.

Litteratur: Nähere Auskunft erteilt zum geodätischen Teil ein beliebiges Lehrbuch der Geodäsie (Jordan, Bauernfeind u. s. f.), zum zweiten ein Handbuch der Navigation oder der astronomischen Ortsbestimmung. *Hammer.*

Derb, s. E r z.

Derbholz, Bezeichnung für alles oberirdische Holz von mehr als 7 cm Stärke.

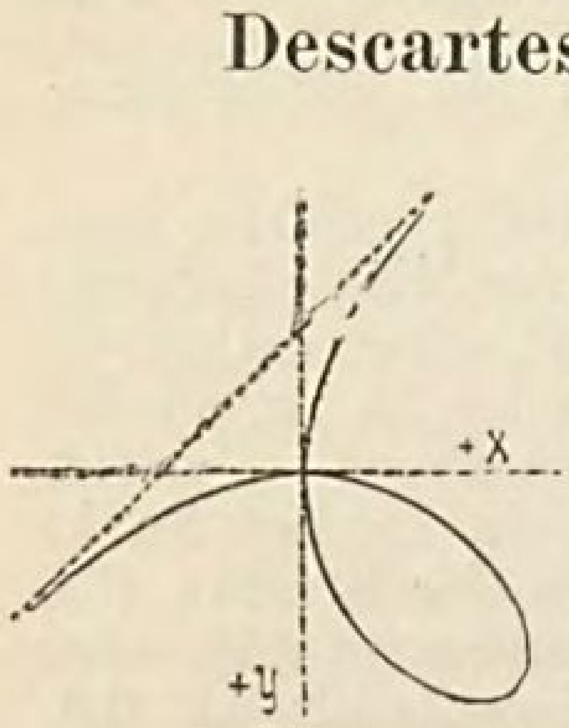
Derivation, die konstante seitliche Ablenkung der Geschosse (s. B a l l i s t i k).

Derivationswinkel, s. R u d e r.

Derivator, s. F e r n s p r e c h e r.

Descartes'sche Regel, s. G l e i c h u n g e n.

Descartes'sches Blatt (Folium von Descartes), eine Kurve 3. Ordnung mit der Gleichung $x^3 + y^3 - 3pxy = 0$ oder: $x = \frac{3\lambda^2 p}{\lambda^3+1}$; $y = \frac{3\lambda p}{\lambda^3+1}$. Sie besitzt die Wendeasymptote $x + y + p = 0$ und hat im Ursprung einen Doppelpunkt mit den Koordinatenaxen als Tangenten.



Hesse'sche Kurve ist $x^3 + y^3 + pxy = 0$ also wieder ein Descartes'sches Blatt. Der Flächeninhalt der Schleife ist $\frac{3}{2}p^2$; ebenso gross ist der Flächeninhalt zwischen der Kurve und der Asymptote. Die Reciprokalkurve ist eine Kardioïde mit den unendlich fernen Geraden als Doppeltangente. *Wölffing.*

Desinfektion, die Vernichtung und Entfernung der (mikroorganischen) Ansteckungsstoffe. Der Verbreitung der die Ansteckung vermittelnden Mikroorganismen (vergl. B a k t e r i e n) arbeitet teils die Natur selbst, teils der Mensch entgegen — natürliche und künstliche Desinfektion. Bei der n a t ü r l i c h e n Desinfektion erfolgt die Zerstörung der Infektionskeime durch thermische,

chemische, thermochemische, elektrische, mechanische Wirkungen und den Boden (die genannten Einflüsse und die Konkurrenz mit unschädlichen Organismen). — Die künstliche Desinfektion äussert sich zunächst in der Reinlichkeit. Durch die Reinigungsmethoden des Lüftens, Waschens, Wegspülens, Wegfegens u. dergl. wird die Zahl der ein Individuum umgebenden Keime wesentlich verringert: es sinkt also die Infektionsgefahr für das betreffende Individuum, aber die Krankheitskeime werden nicht zerstört, sondern zum grössten Teile bloss an andere Orte verschleppt. Trotzdem ist die Reinlichkeit von grosser individueller Bedeutung (Aerzte z. B. werden bei Cholera- und Typhus-Epidemien weniger leicht vom Munde her infizirt, weil sie sich gewohnheitsgemäss bei jeder Visite wiederholt die Hände waschen) und kann insbesondere dort, wo mehrere Menschen gemeinsam leben oder arbeiten (Fabriken), für den Einzelnen zu einem höchst wirksamen prophylaktischen Mittel werden. Die Zerstörung der Ansteckungskeime erfolgt 1. durch die Hitze, 2. durch die chemisch wirkenden Antiseptika. Beide können aber nur zusammen mit der Reinlichkeit angewendet ihre volle Wirksamkeit entfalten.

ad 1. S. Sterilisiren. ad 2. Die Wirkung der Antiseptika ist bedingt durch das quantitative Verhältnis zwischen dem keimwidrigen Mittel und dem infizirten Materiale. Zur Vernichtung bereits vorhandener Keime sind grössere Mengen desselben Präparates notwendig als zum Schutze gegen die blosse Einwanderung der Keime (Asepsis). Ein verdünntes Mittel kann aseptische Wirkung haben, während zum vollen antiseptischen Erfolge starke Lösungen oder grössere Mengen des Antiseptikums erforderlich sind. Die desinfizirende Kraft eines Mittels ist nicht allen Keimen, Substanzen, Nährböden etc. gegenüber gleich stark; doch hat diese letztere Abhängigkeit der Widerstandskraft der Keime in gewissen Medien, ihre Anpassung an gewisse Antiseptika u. dergl. vorwiegend biologisches und medizinisches Interesse. Als Antiseptika sind folgende Mittel versucht und erprobt, welche wir nach den in den modernsten Lehrbüchern der Heilmittellehre [1] angegebenen Dosen anordnen. (Die Anzahl der Antiseptika ist sehr angewachsen; doch stehen bei den meisten Mitteln noch die Kontrollversuche aus. Eine übersichtliche Zusammenstellung der Antiseptika, welche in den letzten zwei Jahren in den Handel kamen, hat Bocquillon-Limousin [2] geliefert.) In der Reihe a. wirken bereits 0,025—0,08 ‰ Lösungen, in b. 0,15—0,9 ‰, in c. 1—5 ‰, in d. 5,5—18 ‰, in e. 22—275 ‰: a. Quecksilberbijodat, Jodsilber, Wasserstoffsuperoxyd, Sublimat, Höllenstein; b. Osmiumsäure, Chromsäure, Chlor, Jod, Chlorgold, Platinchlorid, Blausäure, Cadmiumjodür, Brom, Jodoform, Chlorkupfer, Chloroform, Kupfervitriol; c. Salicylsäure, Benzoësäure, Cyankali, doppelchromsaures Kali, Pikrinsäure, Ammoniak, Chlorzink, Thymol, Nickelsulfat, Mirbanessenz, Schwefelsäure, Salpeter-, Salz-, Phosphor-, Karbolsäure, übermangansaures Kali, Alaun, Tannin, Oxal-, Weinstein-, Zitronensäure; d. Chinin, Arsenik, Strychnin, Borsäure, Chloral, salicylsaures Natron, schwefelsaures Eisenoxydul; e. Schwefeläther, Chlorkalk, Borax, Morphin, Chlorbaryum, Aethylalkohol, salzsaures Ammoniak, Jodkali, Kochsalz, Glycerin, Bromkali, Schwefelammonium, Natronhyposulfit u. a. — Von diesen Desinfektionsmitteln sind indessen nur sehr wenige für den allgemeinen und den Massengebrauch geeignet. Ein solches Mittel muss wirksam, billig, leicht erhältlich, der menschlichen Haut nicht schädlich und nicht giftig sein (leider trifft diese Bedingung schon beim wirksamsten Mittel, dem Sublimat, nicht zu). Im allgemeinen sind brauchbar: Kupfervitriol, Eisenvitriol, Chlor, Chlorkalk, Chlorzink, die „Essenzen“, Karbolsäure, Sublimat, Soda, Aetzlauge, Kaliseife. — Kupfervitriol verhindert, im Verhältniss 1:133 gelöst, die Entwicklung von Keimen und wirkt schon bei 0,9:133 fäulniswidrig. Er bewährt sich insbesondere bei Milzbrand- und Faulfieber-Epidemien, denn er tötet in Lösungen von 1:23500 den Keim des Milzbrandes und in Lösungen von 1:2000 den der eiterigen Blutvergiftung. Zur Desinfektion von Keimgemengen (mit Ausnahme jener der Gärung) dient er vortrefflich. Man nimmt Lösungen von 1:35 für Aborte, 1:260 für Spülwasser und 1:100 für frische Stühle. — Eisenvitriol ist weniger wirksam, denn man benötigt 5000 g pro 1 m^3 der zu desinfizirenden Kloake etc.; aber er macht die Grube geruchlos (desodorisirt) und bleibt ausserordentlich lange wirksam, denn er gibt zunächst *O* an die organischen Massen ab, nimmt ihn aber bei der Zersetzung derselben wieder auf. — Chlor wirkt in trockener Luft gar nicht. Ist aber die Luft feucht oder dampfgeschwängert, dann genügen $^3/_{10}$ Volumteile *Cl*, um 100 Volumteile Luft binnen drei Stunden von Milzbrand- und Diphtheriesporen zu reinigen; *Cl* entnimmt dem Wasserdampfe *H* und bildet die wirksame Salzsäure, gleichzeitig entsteht *O* in statu nascendi. Chlor greift aber Metalle und Gewebe an und erregt leicht heftigen Husten. — Chlorkalk wirkt sehr schwach. Eine 4 % Lösung muss 10 Tage auf Milzbrandsporen einwirken, um diese zu töten. — Chlorzink ist gut brauchbar; man verwendet 2 % zur Desinfektion von Krankenzimmern, 1 % für Ausgüsse und Latrinen, 1—8 % für die antiseptische Wundbehandlung. — Die Essenzen, welche man durch die Destillation aromatischer Pflanzen unter Einwirkung von Wasser gewinnt, haben oft bedeutende antiseptische Kraft; doch sind sie ziemlich teuer. Terpentinöl ist empfehlenswert bei Milzbrand-Epidemien; Menthol wirkt doppelt so stark als Karbol, riecht angenehm, lockt aber die Fliegen an; Thymol tötet in 1 % Lösung die Tuberkelbazillen und wirkt schon zu 0,8 ‰ antiseptisch; Senföl hindert die Entwicklung des Cholerakeimes. — Karbolsäure. Dieselbe nimmt einen unverdient hohen Rang unter den Desinfektionsmitteln ein. 1 % Lösung zerstört den Milzbrandbazillus, 5 % den Eiterpilz, 0,8 %

den Typhuskeim. Mit Kampfer gemengt dient eine Karbollösung zur Desinfektion diphtheritischer Produkte (Karbolsäure 5 g, Kampfer 20 g, Glycerin 25 g). Die Karbolsäure wirkt stärker bei Gegenwart von Säuren, schwächer bei Gegenwart von Oel und Alkohol. Zum medizinischen Gebrauche verwendet man durchschnittlich 2,5 % Lösungen. — Sublimat hat eminente antiseptische Kraft. Es sind nach Koch [3] 1 ‰ Lösungen im stande, durch Betupfen alle Keime in wenig Minuten zu töten. Da das Mittel so rasch wirkt, so braucht es nur kurze Zeit auf dem Objekte belassen zu werden, worauf dann gut abgespült wird, so dass an dem Objekte kein Gift haftet. Eine 5 % Karbollösung ist ebenso giftig wie eine 1½ ‰ Sublimatlösung, aber nicht so wirksam). In Eiweisslösungen wirkt das Sublimat weniger gut, weil es Koagulation bewirkt und so die Diffusion vermindert wird. In solchen Medien empfiehlt sich eine 5 ‰ Lösung von Weinsteinsäure als Zusatz. — Kalkwasser. Von demselben sollen 1 % Lösungen den Typhuskeim und 1 ‰ den Cholerakeim töten. Küffer teilt mit, dass 1‰ Lösungen die Fäulnis verhindern. Schuhl hat dargethan, dass 1 % Lösungen Ausguss-, Spülwasser wohl klar und geruchlos, aber nicht keimfrei machen. Zur Entfaltung seiner vollen Wirkung muss das Kalkwasser mit den (verflüssigten) Dejekten durch Umrühren in enge Berührung gebracht werden; auch muss man frische Kalkwasserlösungen verwenden, welche der Kohlensäure-Wirkung der Luft noch nicht ausgesetzt waren. — Sodalösungen von 1 % wirken gegen Tierseuchen (Schweinepest, Hühnercholera); 7 % Lösungen haben sich bei Rotzkrankheit (Malleus) des Menschen und der Tiere bewährt. — Lauge (2:1) kann im Notfalle auch verwendet werden; eine 24stündige Einwirkung macht frische Stühle unschädlich. — Kaliseife soll nach Koch [3] in 1 ‰—1,5 ‰ Lösung antiseptisch wirken.

Da, wie oben gesagt, die einzelnen Desinfektionsmittel nicht gleichmässig auf alle Keime wirken und überdies technische Rücksichten nicht jedes Antiseptikum zur Desinfektion aller Gegenstände geeignet machen, bedarf es besonderer Desinfektionsmethoden für spezielle Fälle. Diese betreffen 1. den Menschen selbst und 2. seine Auswürfe; 3. Wohn- und Arbeitsräume; 4. Luft; 5. Wasser; 6. Kleidungsstücke (Bettwäsche etc.).

1. Desinfektion des menschlichen Körpers. Auf der Oberfläche des Körpers finden sich konstant Mikroben, welche allerdings der Mehrzahl nach harmloser Natur sind. Besonders pilzreich sind die Räume zwischen den Fingern und Zehen, die Achselhöhle, das Ohrenschmalz. Durch die Berührung mit infizirten Personen oder Dingen geraten leicht Krankheits- (pathogene) Keime auf die Haut. Hier nützt zunächst das Baden, das Seifen und Waschen. Hat man aber Grund, anzunehmen, dass die Hände infizirt seien, so muss man nach Beschneidung der Nägel und Reinigung des Nagelfalzes die Hände in möglichst heisser Kaliseifenlösung sorgfältig bürsten, mit absolutem Alkohol befeuchten und dann 1½ Minuten in 1 ‰ Sublimatlösung tauchen. — Zur Desinfektion der Körperhaut eignen sich noch 1‰ Thymol- und $^2/_{10}$‰ Naphthollösungen. Weist die Haut Aufschürfungen, offene Wunden u. dergl. auf, so empfiehlt es sich (zumal in der Umgebung von Personen, welche mit eiterigen Wunden, Syphilis, Tuberkulose behaftet sind), die wunden Stellen wiederholt mit Thymol (1‰) oder Sublimat (1‰) zu waschen und darauf Salicylpflaster zu kleben. Es sei nochmals betont, dass die meisten Infektionen vom Munde her erfolgen und dass strenge darauf gesehen werden solle, dass niemand etwas esse, bevor er sich die Hände gewaschen hat. Aus dem gleichen Grunde wird die ohnehin höchst nötige Desinfektion der Mund- und Rachenhöhle dort, wo mehrere Menschen gemeinsam wohnen oder arbeiten, zu einem Gebote der Notwendigkeit. Für den Massengebrauch eignet sich die 5 ‰ Lösung des Kaliumpermanganats oder die 2 % des Chlorkalis, dann die (übelriechende) 2 % Karbollösung, die ½ % Senföllösung. Auch zum Gurgeln und Bürsten der Zähne eignet sich vortrefflich die 1½ ‰ Kaliseifenlösung. Folgende Mischung ist, wenn im grossen dargestellt, sehr billig, überaus wirksam und wohlriechend: Karbolsäure 1 g + Menthol ¼ g + Borsäure 2½ g + Thymol ½ g + Anistinktur 10 g + Wasser 1000 g. (Zum Gebrauche nimmt man gleiche Teile Flüssigkeit und Wasser.)

2. Desinfektion der menschlichen Se- und Exkrete. Hierbei pflegt man sich den grössten Illusionen hinzugeben. Ganze Ausgüsse, Kanäle, Senkgruben u. dergl. zu desinfiziren ist kaum möglich; man benötigte hierzu grosse Mengen von antiseptischen Stoffen und gewisse Vorrichtungen, welche bewirkten, dass der ganze Abortinhalt mit dem Desinfektionsmittel in Berührung käme (s. Kläranlagen). Eine wirksame Desinfektion wird man daher nur dann erzielen, wenn man die Abfallstoffe in dem Momente desinfizirt, wo sie abgesetzt werden, bezw. wenn die Ablagerung auf eine antiseptische Schicht bewerkstelligt wird. Die Kotmasse macht man keimfrei mit Karbol (4 %), Eisenvitriol, Sublimat (1 ‰), Kupfervitriol (1 %); doch benötigen diese Substanzen verschieden lange Einwirkungszeit: Karbol und Eisenvitriol 4 Tage, Sublimat und Kupfervitriol 1 Stunde, Kalkmilch (2 %) 24 Stunden; die letztere wirkt aber auf Tuberkel und Milzbrandkeime nicht. Seit 1890 verwendet man auch allenthalben, angeregt durch die Arbeiten von Blasius [4] und Hildebrand [5], Torfmull als Antiseptikum für Aborte. Der trockene Torfmull besitzt mehrere für die Desinfektion und Fäkalbindung wichtige Eigenschaften; er zieht Feuchtigkeit gierig an sich und bindet 14 kg derselben pro 1 kg; er wirkt durch seinen Gehalt an Humussäure antizymotisch; aber als antiseptisch, d. h. dass er abgesetzte Krankheitskeime töte, erwies er sich bis heute nicht. Ausserdem bedarf es besonderer Abortanlagen (s. Aborte, Bd. 1, S. 49 u. 50). — Grosse Aufmerksamkeit ist der Desinfektion des Auswurfes zuzuwenden. Eingetrockneter Auswurf verstaubt alsbald und bringt so seine Keime in die Luft, was dann zu Inhalationsinfektion Anlass gibt. Es muss daher in privaten, sowie öffentlichen Räumen strenge darauf gesehen werden, dass nur in Speinäpfe ausgespuckt werde. Die Speinäpfe müssen aus leicht reinigbarem glattem Material sein,

welches Hitze und Säure verträgt (Steingut). Zur Füllung derselben dienen mit antiseptischen Lösungen befeuchtete Sägespäne, welche allabendlich verbrannt und frisch ersetzt werden. In neuerer Zeit plaidirt man für die Füllung der Speinäpfe mit antiseptischen Flüssigkeiten, allein dies hat nur in solchen Räumen statt, wo (wie in Spitälern), die Gefahr des Umschüttens, also der flächenhaften Ausbreitung von Keimen, nicht zu fürchten ist. — Sand verstaubt, ist also ungeeignet! Da man im Auswurfe vorzüglich die Tuberkelbazillen töten will, so muss man starke Antiseptika anwenden: 1‰ Sublimat- oder Thymollösung; alle übrigen Mittel, Karbol mit inbegriffen, taugen nichts. Die Speinäpfe bedürfen zur Desinfektion des 10 Minuten dauernden Auskochens bei 100°.

3. Desinfektion von Räumlichkeiten. Nachdem der Fussboden des Zimmers gut mit 5% Karbollösung angefeuchtet ist, werden die Tapeten bezw. gestrichenen Wände mit Brot trocken abgerieben, polirte und geschnitzte Möbel, Bilder mit Rahmen, Metall- und Kunstgegenstände werden mit trockenen Lappen sorgfältig gescheuert. Von den Wandflächen, welche mit Auswurfstoffen Kranker besudelt sind, müssen Tapeten bezw. Anstrich nach Anfeuchten mit 5% Karbollösung durch Abkratzen in entsprechender Ausdehnung entfernt werden. Fussböden, Thüren, Fenster, unpolirte Holzverkleidungen sind mit 5% Karbollösung sorgfältig abzureiben, event. lässt man auch in die Fugen der Dielen Karbol einziehen. Nach erfolgter Desinfektion wäscht man mit reinem Wasser nach. Das zum Abreiben verwendete Brot, bezw. die Lappen, werden verbrannt. Nachdem so jeder Gegenstand gereinigt und desinfizirt ist, lüfte man den Raum durch mehrere Tage im Zugwinde. — Eine besondere Art der Desinfektion von Räumen ist die Räucherung; hierüber s. Punkt 4.

4. Desinfektion der Luft. Die Luft im Freien lässt sich nicht desinfiziren, daher sind die ehemals gebräuchlichen Seuchenfeuer nutzlos. In geschlossenen Räumen nützt möglichst häufiges Lüften und Entfernung der verseuchten Gegenstände am meisten; oft besteht die grosse desinfizirende Wirkung des Karbols nur darin, dass es luftscheue Menschen ob seines üblen Geruches veranlasst, ordentlich zu lüften. In Frankreich und England [6] sind die Räucherungen noch sehr beliebt und werden zur Desinfektion der Luft und der Räume benützt. Obwohl der Chlorkalk noch immer angewendet wird, ist dies kein Beweis seines desinfizirenden Wertes. Bei der schwefligen Säure aber stehen die Sachen anders. Czernicki fand sie bei Blattern, Röteln, Scharlach, Typhus wirksam, Geschwind bei Blattern und Typhus, Pottier und Villeneuve-Brest bei ägyptischer Augenkrankeit, Olivier bei Bräune, Scharlach, Jablonski bei Typhus, Bräune, Blattern, Scharlach, Lucas-Championnère bei Blattern, Rotlauf, Scharlach; hingegen sah Wolfhügel keine Wirkung auf Milzbrandkulturen und konstatirte 40—50% Verlust durch Diffusion, ähnlich sprach sich Dujardin-Beaumetz aus; Mulhausen sah in einem geräucherten Zimmer Urin faulen. Die Ansichten sind noch geteilt, doch mag die hohe Diffundibilität das Gas zur Desinfektion von Krankenzimmern geeignet machen. Man rechnet pro 1 m^3 Rauminhalt 40—50 g Schwefel. Diesen teilt man in kleine Portionen, welche man auf Ziegelsteinen gleichmässig im Zimmer verteilt und etwas mit Spiritus befeuchtet. Nach dem Entflammen schliesst man das Zimmer ab und lässt es 24 Stunden geschlossen. (Metallgegenstände sind zu entfernen oder einzufetten.)

5. Desinfektion des Wassers. Die Desinfektion des Spülwassers fällt mit der der Exkremente zusammen, die des Trinkwassers durch Salze ist obsolet; vergl. Filtration und Sterilisiren.

6. Desinfektion von Leib- und Bettwäsche, Kleidung. Schuhe und Pelzwerk, welche nicht durch Hitze sterilisirt werden können, ohne dass sie Schaden nehmen, wasche man mit Sublimat oder räuchere man mit schwefliger Säure. Sonstige Effekten müssen durch Hitze sterilisirt werden, wenn man sie weiter gebrauchen soll. Hierbei sei man aber nicht zu kleinlich und verbrenne lieber wertlose Sachen (Bettstroh) oder Dinge von geringem Werte (stark abgenützte, zerrissene Kleidungsstücke). Hat man keine Sterilisationsanstalt in der Nähe, so koche man die Gegenstände in Sodalösung gut aus. Für Dampf- und Hitzedesinfektionsanstalten gibt es verschiedene Prinzipien. Die älteren Anstalten sterilisirten durch heisse Luft, z. B. in Foodstreet-Liverpool, wo 4 Kammern, aus Gusseisen konstruirt, in kleinen Entfernungen neben einander liegen, so dass zwischen den Wänden heisser Dampf zirkulirt; oder in Birdstreet-London, wo die Wände aus Backstein, die Thüren aus Eisen und der Boden durchbrochen ist, so dass von unten her heisse Luft eindringt, oder in der Charité-Berlin, wo in den Doppelmantel eines zur Aufnahme der Kleider dienenden Cylinders heisser Dampf geleitet wird. Nachdem M. Wolff [7] dargethan hat, dass heisse Luft zweifelhafte Resultate ergibt, dass aber strömender Wasserdampf binnen wenigen Minuten (in nassen Gegenständen allerdings erst binnen zwei Stunden) alle Keime sicher tötet, dass ausserdem Dampf die Gewebe weniger angreift als heisse Luft, hat man die Desinfektion in strömendem Dampfe eingeführt (s. Desinfektionsapparate).

Litteratur; [1] Lehrbücher der Arzneimittellehre von Bernatzik-Vogl, Husemann, Möller, Cloetta-Filehne, Binz. — [2] Bocquil on-Limousin, Formulaire des médicaments nouveaux, Paris 1894. — [3] Mitteilungen aus dem Kais. Gesundheitsamte, I, 271. — [4] Blasius und [5] Hildebrand, Desinfektion durch Torfmull, Wien 1890. — [6] G. Wilson. Handbook of Hygiene 1894. — [7] Virchows Archiv 102. *Dr. Siegfried Bryk.*

Desinfektion der Eisenbahnwagen. Um die Verschleppung ansteckender Tierkrankheiten, wie z. B. Rinderpest, Maul- und Klauenseuche, Milzbrand zu verhindern, werden sämtliche Wagen, in welchen Rindvieh, Schafe, Schweine, Pferde u. s. w. befördert sind und ebenso alle beim Transport dieser Tiere benützten Gegenstände nach jedesmaligem Gebrauch gereinigt und dann desinfizirt. Das Desinfiziren der Wagen wird im Interesse einer zweckmässigen

Ausführung und scharfen Ueberwachung auf besonderen hierzu bestimmten und mit den nötigen Einrichtungen versehenen grösseren Stationen zentralisirt, welche man als Desinfektionsstationen bezeichnet. Sämtliche Viehwagen müssen nach der Entladung innerhalb einer bestimmten Frist diesen Stationen zum Zweck des Desinfizirens zugeführt werden. Der eigentlichen Desinfektion muss eine gründliche Reinigung vorausgehen, welche thunlichst bald nach der Entladung vorzunehmen ist. Deshalb muss zunächst das Streumaterial, Dünger u. s. w. entfernt, an den Wänden hängender Schmutz abgekratzt und dann das Innere mit heissem Wasser ausgewaschen werden. In gleicher Weise sind auch sämtliche beim Transport gebrauchte und mit den beförderten Tieren bei der Verladung, Fütterung u. s. w. in Berührung gekommenen losen Gegenstände zu reinigen. Ebenso ist eine häufige Reinigung der bei der Viehverladung benützten Rampen erforderlich. — Das Desinfiziren selbst wird durch verschiedene Mittel bewirkt. Bei Anwendung von heissem Wasser oder Wasserdämpfen ist es notwendig, dass die zu desinfizirenden Teile längere Zeit in kochendem Wasser bezw. Wasserdampf sich befinden. Ein kurze Zeit währendes Bespritzen mit heissem Wasser oder Wasserdampf genügt nicht. — Von den verwendeten Chemikalien sind zu erwähnen: Sublimat, Karbolsäurelösungen, Eisenvitriol u. s. w.

Auf den Eisenbahnen Deutschlands ist bezüglich der Desinfektion von Viehwagen folgendes vorgeschrieben: a. Unter gewöhnlichen Verhältnissen wird die Desinfektion durch das Waschen der Fussböden, Decken und Wände mit einer auf mindestens 50° C. erhitzten Sodalauge, zu deren Herstellung wenigstens 2 kg Soda auf 100 l Wasser verwendet sind. b. In Fällen einer wirklichen Infektion des Wagens durch Rinderpest, Milzbrand oder Maul- und Klauenseuche oder des dringenden Verdachtes einer solchen Infektion durch sorgfältiges Bepinseln der Fussböden, Decken und Wände mit fünfprozentiger Karbolsäurelösung. Die letztere ist durch Mischen von 1 Teil der im Handel als 100 % Karbolsäure oder Acidum carbolicum depuratum bezeichneten Karbolsäure mit 18 Teilen Wasser unter häufigem Umrühren herzustellen.

Für diese von der Eisenbahnverwaltung auszuführende Arbeit wird von den Versendern eine besondere Gebühr erhoben. Bei einer grösseren Zahl von Staaten sind besondere gesetzliche Bestimmungen hierüber erlassen (s. Litteratur). Auch für die Personenwagen wird namentlich beim Auftreten epidemischer Krankheiten ein Desinfiziren notwendig, weil Kranke, auch wenn sie mit einer epidemischen Krankheit behaftet sind, von der Mitbeförderung nicht ausgeschlossen werden dürfen, wenn für die erkrankte Person ein besonderer Abteil bezahlt wird. Die hier erforderliche Desinfektion bezieht sich auf die Aborte u. s. w., wobei Karbolsäurelösung angewendet wird, sowie auf die Ueberzüge der Polsterungen auf die Wände, Teppiche, Vorhänge u. s. w., welche durch Wasserdampf desinfizirt werden können.

Litteratur: Röll, Encyklop. des ges. Eisenbahnw., Bd. 2, S. 955, Wien 1890. *Georg Meyer.*

Desinfektionsapparate sind Einrichtungen, welche die Vernichtung der Bakterien in Gebrauchsgegenständen gestatten, ohne die letzteren zu beschädigen. Diese Bedingung hat für die meist zur Desinfektion bestimmten Kleidungsstücke, Bettwäsche etc. dazu geführt, als Desinfektionsmittel Wasserdampf von mindestens 100° C. Temperatur zu verwenden; Trockenhitze von ca. 150° C. (z. B. in Backöfen etc.) würde das Ziel zwar schneller erreichen lassen, aber auf die weitaus grösste Zahl der zu desinfizirenden Gegenstände — insbesondere auf die obengenannten — schädlich wirken.

Bei den Dampf-Desinfektionsapparaten sind im allgemeinen möglichst einfache Konstruktion bei ökonomischem und sicherem Betrieb, eventuell leichte Beweglichkeit und vor allem billige Herstellungsweise anzustreben. Nachdem hochgespannter Dampf die Konstruktion zufolge der erforderlichen grösseren Wandstärken aller Teile der Apparate verteuert und (bei Erfüllung der Konzessionspflicht und sonstiger Vorsichtsmassregeln) auch den Betrieb erschwert, andererseits aber bei geringerer Dampfspannung (etwa 0,05 Atm. Ueberdruck) die Desinfektion in ebenso wirksamer Weise (vergl. [1]—[5]), wenn auch erst nach etwas längerer Dauer der Prozedur erreicht wird, kommen in neuerer Zeit ausschliesslich Apparate mit Dampfspannungen von 0,05—0,20 Atm. Ueberdruck (letztere nur für grössere Objekte) in Betracht. Solche Apparate unterliegen keiner Konzessionspflicht. Als bewährte Regeln gelten: die Dampfzuströmung an dem höchsten, die Dampfabströmung an dem tiefsten Punkte der Desinfektionskammer zu bewirken, die letztere möglichst gegen Wärmeverluste zu schützen und die unbenützten, also unnötig geheizten Räume auf ein Minimum zu beschränken. Bei Desinfektionsanstalten mit stark wechselnder Inanspruchnahme empfiehlt es sich deshalb, Apparate verschiedener Grösse aufzustellen. — Weiteres Erfordernis ist die Einrichtung, welche gestattet, nach erfolgter Desinfektion einen Strom warmer Luft auf die Desinfektionskammern zu führen und die

desinfizirten Gegenstände zu trocknen. Auch empfiehlt es sich, dafür zu sorgen, dass das Bedienungspersonal für sich Gelegenheit zur gründlichen Reinigung hat.

Die meisten Fabriken für Heizungsanlagen bauen Dampf-Desinfektionsapparate. Die Konstruktion der letzteren (vergl. [6—[11]) ist davon abhängig, ob Betriebsdampf aus einem für andere Zwecke bereits vorhandenen Kessel geliefert werden kann oder der Dampf für den Desinfektor besonders erzeugt werden muss. Im folgenden geben wir Zeichnung und Beschreibung einiger von Rietschel & Henneberg in Berlin [12] gebauten Apparate.

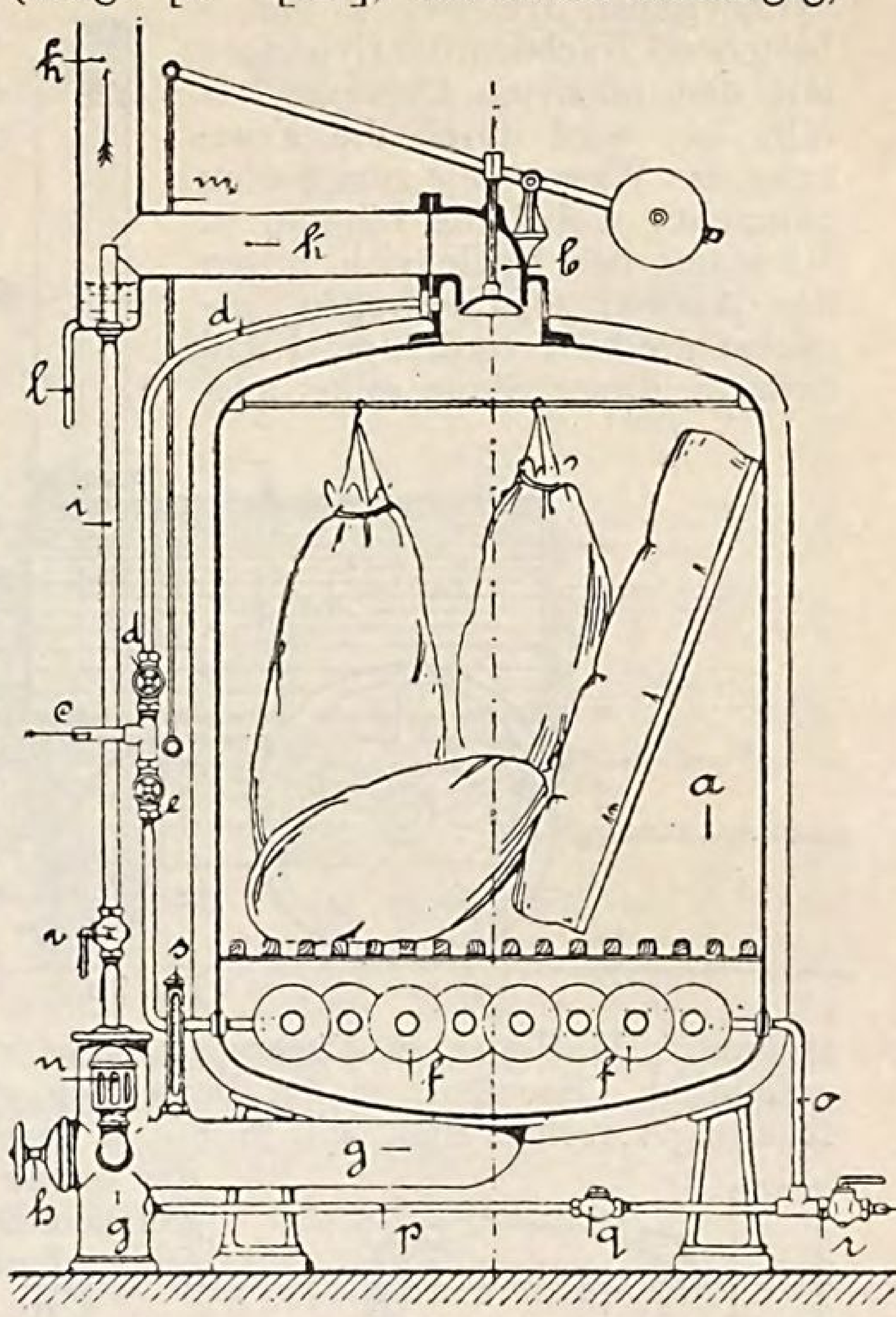


Fig. 1. *a* Desinfektionskammer mit dichtschliessender Thüre an einem oder beiden Kopfenden. *b* Luftabströmungsventil. *c* Dampfzuleitung von der vorhandenen Kesselanlage her. *d* Dampfrohr, unterhalb des Luftabströmungsventils *b* in die Desinfektionskammer mündend. *e* Dampfrohr, zu den Dampfheizkörpern führend. *f* Gusseiserne Dampfheizkörper mit Rippen versehen. *g* Abzugsrohr mit Wassersammler. *h* Ventil zum Einlassen frischer Luft unten in die Desinfektionskammer. *i* Abdampfrohr mit Regulirhahn. *k* Ventilationsrohr, vom Luftabströmungsventil *b* aus ins Freie führend. *l* Ableitung des im Ventilationsrohr niedergeschlagenen Wassers. *m* Stellstange für das Abströmungsventil. *n* Sicherheitsventil. *o* Ableitung des in den Dampfheizkörpern gebildeten Kondenswassers. *p* Ableitung des im Abzugsrohr *g* gesammelten Kondenswassers. *q* Rückschlagventil zur Verhinderung der eventuellen Dampfströmung von *o* nach *g*. *r* Regulirhahn zur Abscheidung des Kondenswassers. *s* Thermometer, die Temperatur im Abzugsrohr anzeigend.

1. Stationärer Desinfektor mit Betrieb von einer bestehenden Dampfkesselanlage und Ventilationseinrichtung (Fig. 1). Bei dieser Anlage muss der Dampfdruck, der im Kessel in der Regel mehreren Atmosphären Ueberdruck gleich ist, regulirt werden, zu welchem Zwecke neben dem im Abströmungsrohr befindlichen Regulirhahn ein direkt belastetes Sicherheitsventil und ein besonderes, unverschliessbares, bei normalem Betriebe mit Wasser gefülltes Standrohr angeordnet sind. Die im unteren Teile der Desinfektionskammer angebrachten Rippeheizkörper werden durch das Rohr *e* mit Dampf geheizt und dienen zum Vorwärmen der Ventilationsluft nach vollzogener Desinfektion. Die Desinfektionskammer wird zweckmässig an beiden Kopfenden mit dicht schliessender Thür versehen, um die infizirten von den desinfizirten Gegenständen räumlich zu trennen. Die Buchstabenerklärung dürfte die Bedeutung der übrigen verschiedenen Einzelteile genügend erläutern. Bei einem nutzbaren Gehalte von 0,64 cbm der Desinfektionskammer kostet ein solcher Apparat ohne Dampfzuleitung (diese ist nach der Entfernung des Dampfkessels vom Desinfektionsraum zu berechnen), mit zwei Thüren, Isolirmantel und Ventilationseinrichtung ca. 1000 *M.*; bei 4,72 cbm nutzbarem Kammerinhalt steigt der Preis unter sonst gleichen Umständen auf ca. 3200 *M.*

2. Transportabler Desinfektor mit Ventilationseinrichtung. Dieser, wie aus den Fig. 2, 2a, 2b und 2c ersichtlich, fahrbare Desinfektionsapparat besteht aus zwei, durch die Kupplung *p* getrennten Hälften, von welchen die vordere den Kutscherbock mit Fouragekasten *o* und Werkzeugraum *n* enthält, während die hintere Hälfte aus der Desinfektionskammer *a* mit Dampfentwickler *d* besteht. Im Betrieb wird die vordere Hälfte entfernt, wobei dann die hintere auf zwei Rädern und den Stützen *r* (Fig. 2b) ruhen. Dadurch, dass zwei Thüren an der Desinfektionskammer vorhanden sind, werden die infizirten von den desinfizirten Gegenständen räumlich getrennt. Der Dampfentwickler ist in Form einer niedrigen, liegenden Wasserschale direkt unter der Desinfektionskammer angeordnet. Die übrige Einrichtung ist aus der Buchstabenerklärung verständlich. — Preis eines solchen Apparates ca. 3600 *M.*



Fig. 2.

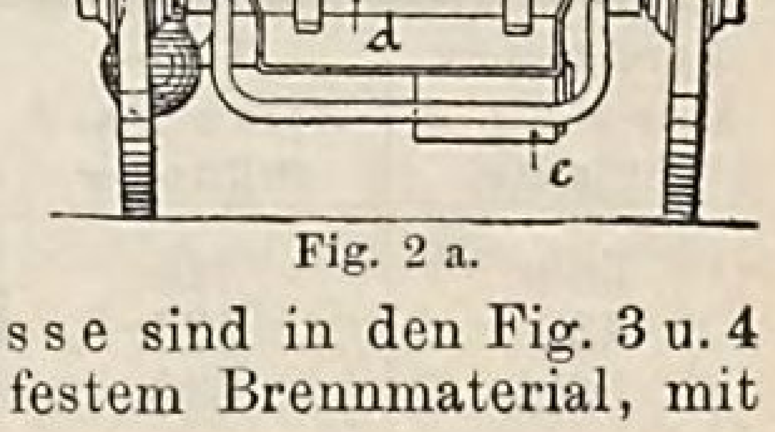


Fig. 2 a.

3. Desinfektionsapparate für kleinere Verhältnisse sind in den Fig. 3 u. 4 dargestellt. Fig. 3 zeigt einen solchen für direkte Feuerung mit festem Brennmaterial, mit

Feuerungstopf *b*, Rost *a* und Schornstein *w*. Die Verdampfungspfanne *c* ruht direkt auf dem Feuertopf und trägt den eigentlichen Desinfektionsapparat, aus den cylindrischen Gefässen *d* und *e* bestehend. Nachdem der Cylinder *e* mit den infizirten Objekten e-füllt ist, wird durch die Feuerung das Wasser in *c* zum Sieden gebracht, wobei die Dämpfe in Richtung der Pfeile sich gegen den Auslauf *f* hinbewegen, zunächst die Luft verdrängend und dann an dieser Stelle selbst aus-

Zu Fig. 2, 2 a, 2 b u. 2 c: *a* Desinfektionskammer, mit Isolirmantel umgeben. *b* Einladethür. *c* Ausladethür. *d* Dampfentwickler, zur Erzeugung der Desinfektionsdämpfe. *e* Feuerung hierzu. *f* Umlegbares Schornsteinrohr. *g* Luftventil zur Einführung frischer Luft in die Desinfektionskammer. *h* Umlegbares Ventilationsrohr zur Abführung der Dämpfe während der Ventilationsperiode. *i* Abdampfrohr, zur Abführung des Dampfes während der Desinfektionsperiode. *k* Thermometer, die Temperatur des Desinfektionsdampfes anzeigend. *l* Auf Rollen laufendes Gestell zur Einführung der Objekte in den Apparat. *m* Gleis hierzu. *n* Behälter für die Utensilien und Werkzeuge. *o* Fourage- und Kohlenkasten. *p* Kupplung der beiden Apparathälften. *r* Umlegbare Stützen für die beiden Apparathälften.

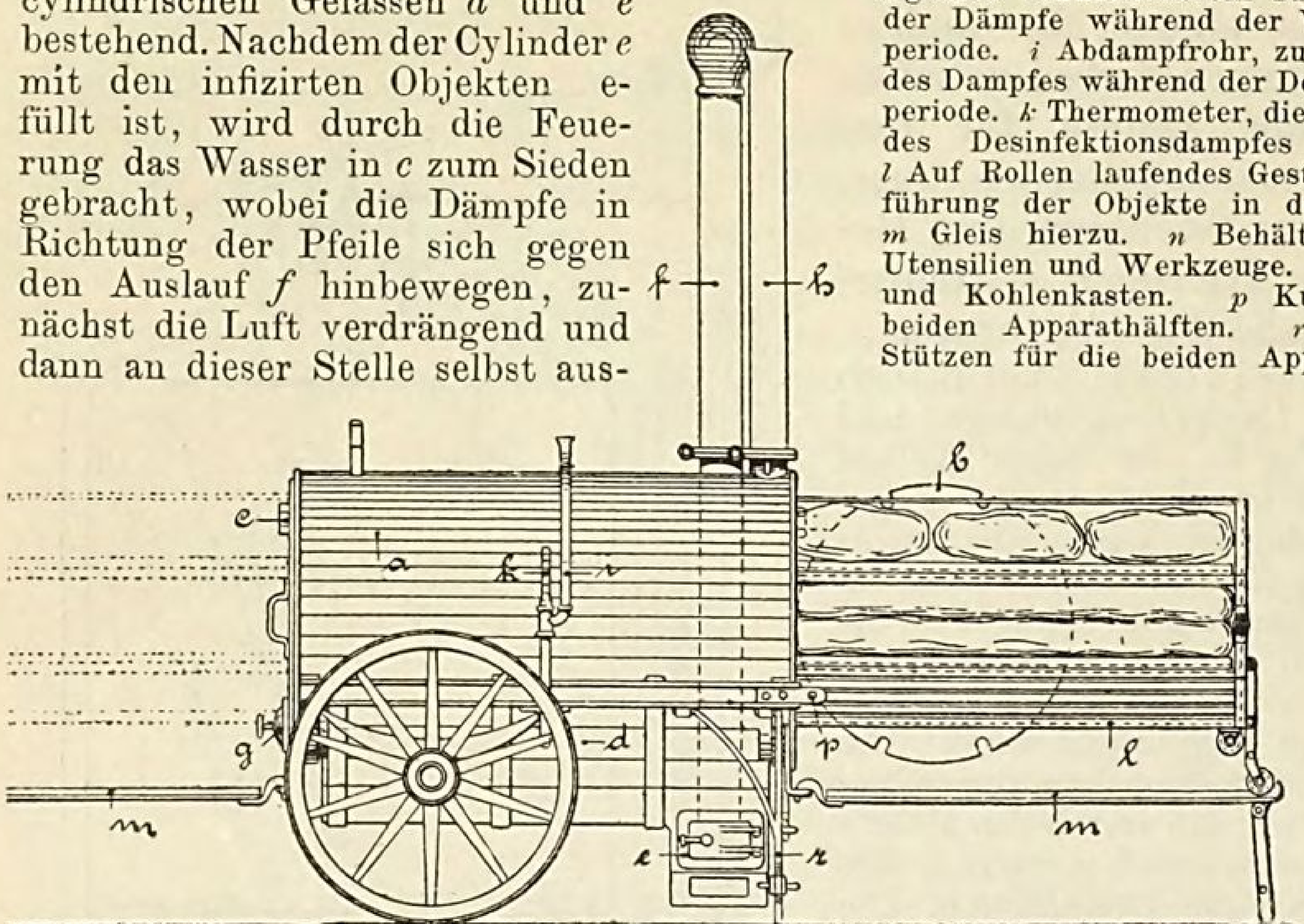


Fig. 2 b.

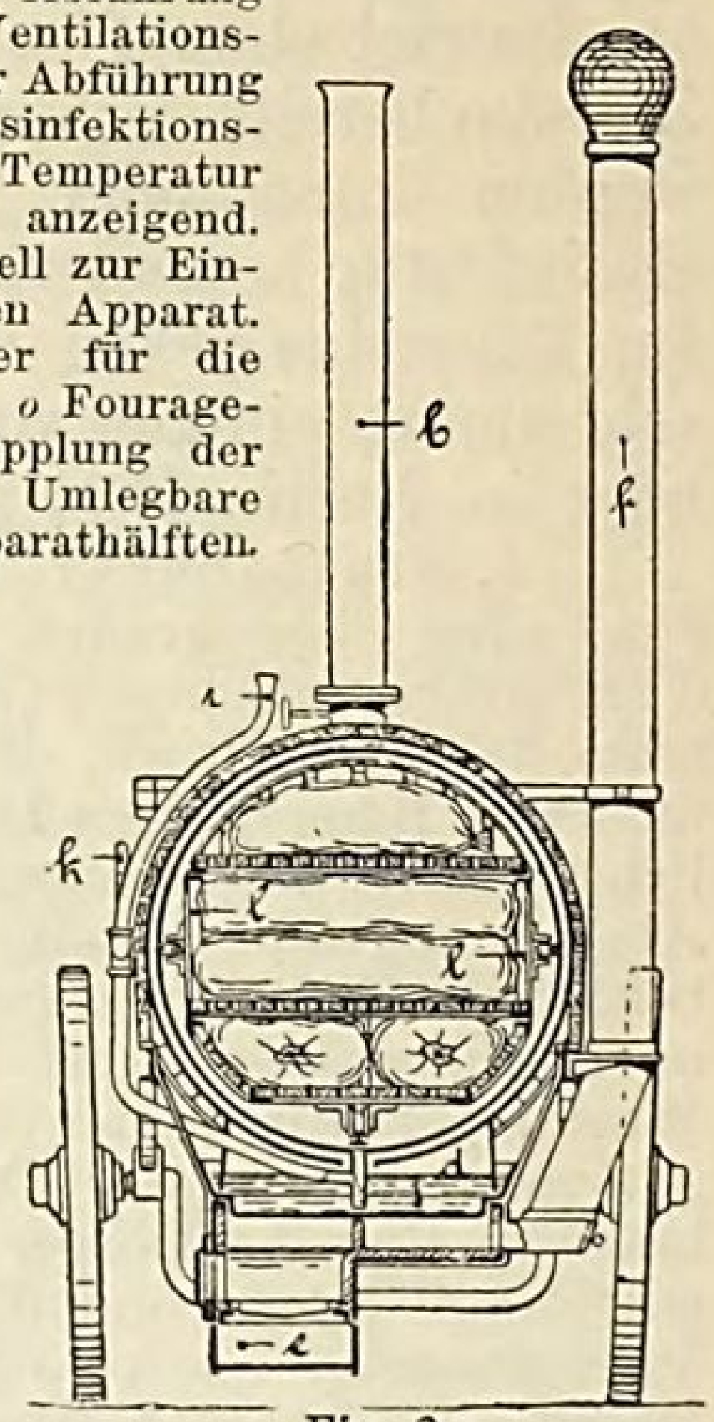


Fig. 2 c.

tretend. Die Preise zu Apparaten verschiedener Grösse sind aus der untenstehenden Tabelle I ersichtlich. Bequemer in der Bedienung werden derartige kleine Apparate, wenn sie mit Gasfeuerung versehen sind, wie in Fig. 4 dargestellt. Der Gasbrenner *a* vertritt in diesem Falle die vorhin erwähnte Feuerung; im übrigen dienen die mit gleichen Buchstaben wie bei Fig. 3 bezeichneten Räume denselben Zwecken. Die Preise geben wir in Tabelle II, S. 267.

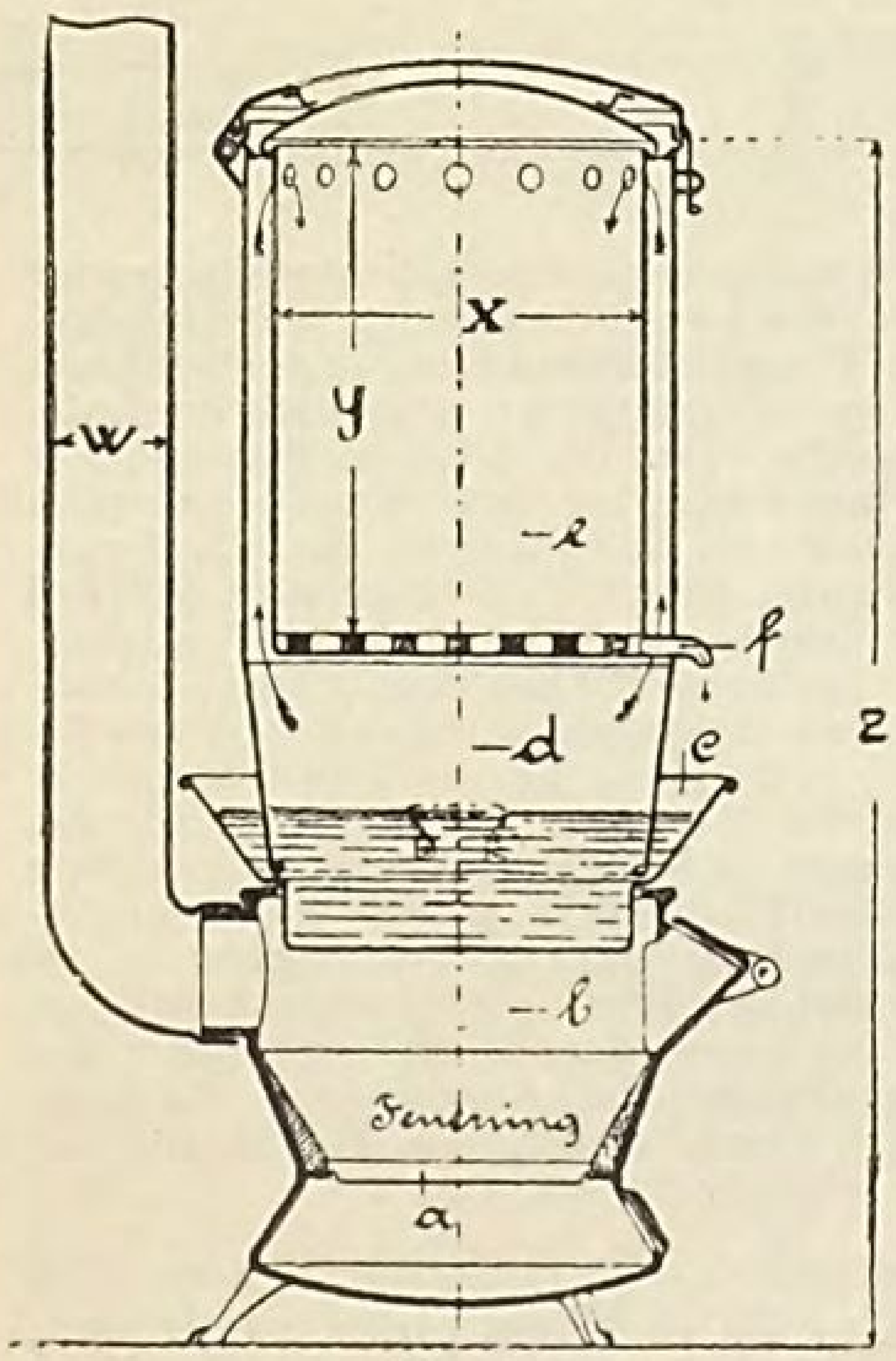


Fig. 3.

Um den Zeitpunkt festzustellen, in welchem die vollkommene Desinfektion (d. h. die Temperatur von 100⁰ C. in allen Teilen der infizirten Objekte) eingetreten ist, kann man ein elektrisches Läutewerk anordnen, welches in Bewegung gesetzt wird, wenn ein in das infizirte Objekt gelegter Thermometer 100⁰ C. anzeigt. Für die meisten Fälle genügt es, nach Eintritt dieser Temperatur die Objekte noch 10—15 Minuten in der Desinfektionskammer bei 100⁰ C. zu belassen. Meistens begnügt man sich damit, zur Kontrolle der Desinfektion ein Maximalthermometer im Desinfektionsraume an einer Stelle, welche von den Wasserdämpfen am schwersten erreicht wird, einzulegen und die Desinfektion als genügend anzusehen, wenn dieses Thermometer beim Herausnehmen der Objekte 100⁰ C. anzeigt.

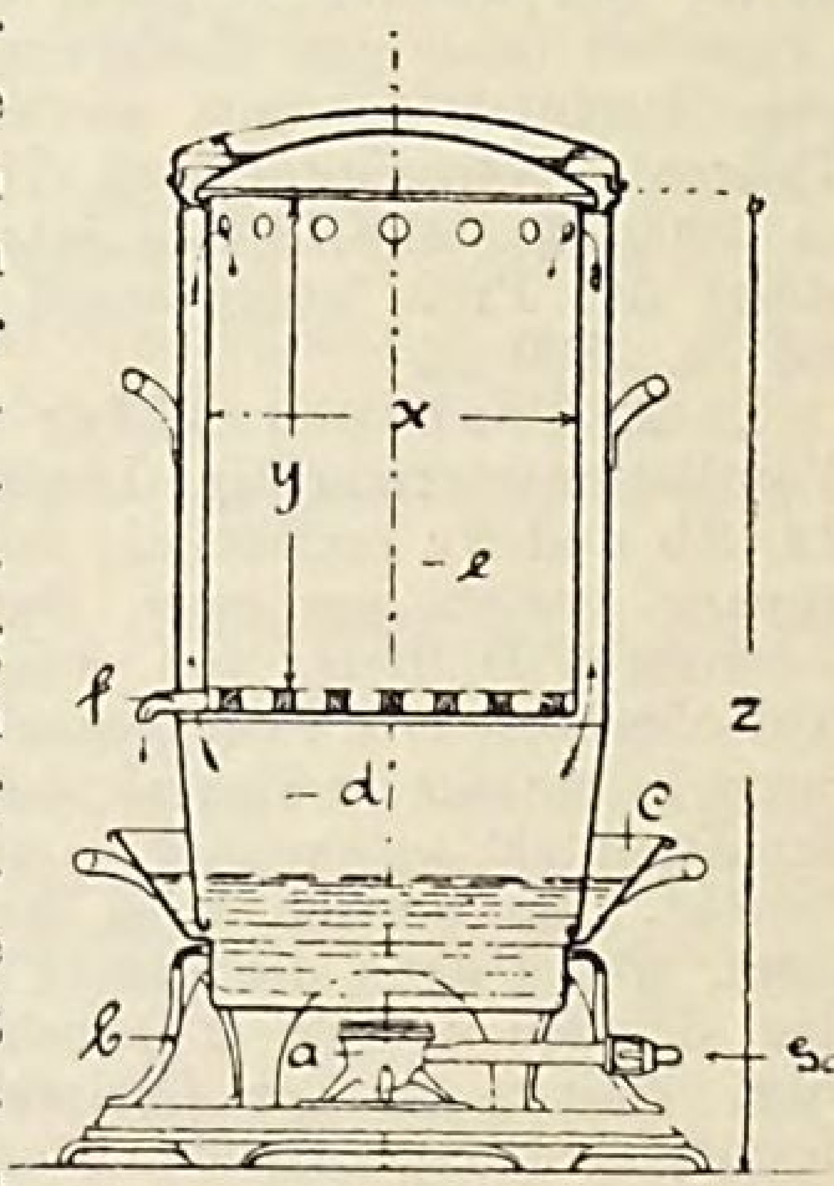


Fig. 4.

Tabelle I.

Grösse der Apparate					Ungefähres Gewicht	Preise
Durchmesser Mass *x* Fig. 3 Millimeter	Tiefe Mass *y* Fig. 3 Millimeter	Totale Höhe Mass *z* Fig. 3 Millimeter	Weite des Ofenrohres Mass *w* Fig. 3 Millimeter	Rauminhalt Liter	Kilo	Mark
360	440	1210	100	44	70	100
430	530	1320	125	77	90	120
500	630	1440	150	123	120	140

Tabelle II.

Grösse der Apparate				Ungefähres Gewicht	Erforderliche Weite der Gasleitung	Ungefährer Gasverbrauch pro Stunde	Preise
Durchm. Mass *x* Fig. 4 Millimeter	Tiefe Mass *y* Fig. 4 Millimeter	Totale Höhe Mass *z* Fig. 4 Millimeter	Rauminhalt Liter	Kilo	Millimeter	Liter	Mark
360	440	960	44	20	10	400	75
430	530	1070	77	30	10	600	90
500	630	1190	123	40	13	1000	110

Litteratur: [1] Frosch und Clarenbach, Ueber das Verhalten des Wasserdampfes im Desinfektionsapparate, Zeitschr. für Hygiene, Bd. 9, Heft 1, 1891. — [2] v. Esmarch, Desinfektionsapparate u. ihre Anwendung, Hygien. Rundschau, Jahrg. 1, Nr. 1, 1892. — [3] Duncker, Die physik. Prüfung der Desinfektion mit Wasserdampf, Deutsche medizin. Ztg. 1892, Nr. 85 bis 91. — [4] Behring. Infektion und Desinfektion, Leipzig 1894. — [5] Rohrbeck, Die für die zuverlässige Desinfekt. für Wasserdampf nötigen Bedingungen etc., Gesundh.-Ing. 1893, Nr. 1—3. — [6] Walz, Der neue Düsseldorfer Desinfektionsapparat, Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1886, S. 675. — [7] Desinfektionsapparat von A. Lenking in Hildesheim, Gesundh.-Ing. 1891, Nr. 14. — [8] Schäfer & Walcker, Durchdämpfungseinrichtungen, Berlin (Katalog). — [9] A. Lübbert, Der transportable Dampfdesinfektionsapparat von W. Rothe & Cie. in Güsten, Fortschritte der Medizin, X, Nr. 1, 1892. — [10] Der Kafill-Desinfektor, Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1892, S. 605. — [11] v. Esmarch, Die Desinfektionsanst. kleiner Städte, Gesundh.-Ing. 1893, Nr. 16. — [12] Rietschel & Henneberg, Hennebergs Desinfektor, Berlin 1885 (Katalog).

Desinfizirende Emails, s. Emailfarben.

Desintegratoren (Schleudermühlen) nennt man eine gewisse Klasse von Maschinen, welche die Zerkleinerung der zu verarbeitenden Materialien durch ein Zerschellen derselben bewirken, indem sie diesen Massen eine grosse Geschwindigkeit erteilen und sie dann gegen widerstehende ruhende oder ebenfalls bewegte Flächen prallen lassen. Um den Massen die erforderliche Geschwindigkeit mitzuteilen, wendet man dabei immer eine sehr schnell umlaufende Axe an, die mittelst hervorragender Stifte oder Leisten die dargebotenen Massen in Bewegung setzt. Die Wirkungsart dieser Maschinen kann man sich in folgender Weise erklären:

Denkt man sich, dass zur Zertrümmerung eines gewissen Körpers vom Gewicht gleich 1 kg eine mechanische Arbeit gleich A mkg erforderlich ist (von Kick als der Bruchmodul des betreffenden Materials bezeichnet), so kann man diese Arbeit dadurch ausgeübt denken, dass man die besagte Masse von 1 kg Gewicht von der Höhe gleich A m (Bruchhöhe) frei herabfallen und im tiefsten Punkt auf eine feste Platte aufschlagen lässt. Denselben Erfolg wird man aber auch erzielen, wenn man der zu zerkleinernden Masse auf andere Weise dieselbe Geschwindigkeit $v = \sqrt{2gA}$ erteilt, und hierauf beruht die Wirkung der Desintegratoren oder Schleudermühlen. Wenn übrigens, wie es bei diesen Maschinen zum Teil üblich ist, die bewegte Masse anstatt gegen eine feste Platte gegen eine Fläche trifft, welche sich in der entgegengesetzten Richtung mit einer Geschwindigkeit v_2 bewegt, so hat man, wenn v_1 die Geschwindigkeit der Masse bedeutet, die relative Geschwindigkeit $v = v_1 + v_2$ als diejenige anzusehen, vermöge deren das Zerschellen eintritt, d. h. es muss also mindestens $v = \sqrt{2gA}$ sein.

Die Desintegratoren eignen sich hauptsächlich für die Zerkleinerung harter und spröder Massen, welche gegen Stosswirkungen nur geringen Widerstand zu äussern vermögen, während zähe Massen wegen der bedeutenden Arbeitsleistung, die sie innerhalb der Elastizitätsgrenze aufnehmen können, durch Schleudern viel schwieriger zerkleinert werden können. Es steht hiermit im Zusammenhange, warum die Umdrehungsgeschwindigkeit der Schleuderaxe bei den in Mahlmühlen zur Anwendung kommenden Desintegratoren in der Regel viel grösser gewählt werden muss als bei den Maschinen, wie sie der Hüttenmann zur Zerkleinerung harter und spröder Mineralien anwendet. — Die älteste, zuerst von Carr angegebene und von ihm mit dem Namen des Desintegrators bezeichnete Maschine ist in [3], S. 72 beschrieben. Sie hat die anfänglich gehegten Erwartungen nur in geringem Masse erfüllt. In Mahlmühlen finden zwar Schleudermaschinen mehrfach Verwendung, aber nicht zum eigentlichen Zerkleinern der Getreidekörner, sondern hauptsächlich zur Trennung der inneren Stärkemehlteilchen von den Schalen der zuvor zwischen Walzen zerquetschten Körner. Bei diesen Maschinen, wie sie hauptsächlich von Nagel & Kaemp in Hamburg ausgeführt und mit dem Namen Dismembratoren (s. d.) bezeichnet werden, findet sich mit Rücksicht auf die Möglichkeit einer solideren Anordnung nur eine drehbare, mit Schlagstiften versehene Scheibe *K*, Fig. 1, während die Gegenstifte

an einer festen Platte P des Gehäuses H angebracht sind. Bei dieser Anordnung muss natürlich zur Erzielung des beabsichtigten Zweckes die Scheibe K mit entsprechend grösserer Geschwindigkeit umgedreht werden, und zwar macht bei der in der Figur dargestellten Maschine die Scheibe in der Minute die äusserst grosse Zahl von 6500 Umdrehungen, welche bei dem gewählten Durchmesser derselben von 0,43 m einer Umfangsgeschwindigkeit von 146 m entspricht, wozu eine Fallhöhe von $h = \frac{146^2}{2 . 9,81} = 1087$ m gehört. Diese grosse Umdrehungszahl erfordert natürlich eine äusserst sorgfältige Ausführung und Unterhaltung, insbesondere muss die Axe vorzüglich gelagert und die Massen derselben müssen in der vollkommensten Weise ausgeglichen werden. Wie man aus der Figur erkennt, ist bei dieser Maschine die Schleuderscheibe durch ein überall dicht schliessendes Gehäuse umschlossen, indem für eine Zuführung des Materials vermittelst der dicht anschliessenden Speisewalze W gesorgt ist, um die schädliche Einwirkung des Luftwiderstandes möglichst zu umgehen. Durch den nach Bedarf zu regelnden Zwischenraum zwischen der langsam sich drehenden Speisewalze W und der stellbaren Klappe L kann man der Maschine eine mehr oder minder grosse Menge der zu verarbeitenden Masse zuführen. Zur Zerkleinerung härterer Körper wie der Erze und anderer Mineralien wandte Rittinger [2] die Schleudermaschine in einer abgeänderten, dem Zwecke besser entsprechenden Form an, indem er die Maschine mit einer auf einer stehenden Axe A befestigten wagerechten Schleuderscheibe S, Fig. 2, versah, auf deren oberer Fläche mehrere radiale Schienen s angebracht waren, die bei der schnellen Umdrehung das aus dem Zuführungsrumpfe O auf die Scheibe gefallene Material nach aussen und gegen den festen Mantel K schleudern. Dieser aus Hartguss bestehende Mantel ist im Innern mit Zähnen von solcher Form versehen, dass die dagegen geschleuderte Masse daran zerschellt; das zerkleinerte Material fällt durch den Zwischenraum zwischen der Scheibe und dem Mantel hindurch nach unten, wo es durch die schrägen Rinnen R abgeführt wird. In Betreff der Geschwindigkeit und der Leistung dieser Maschine gibt Rittinger an, dass bei einem Durchmesser der Scheibe von 0,8 m eine Geschwindigkeit von 800—1000 Umdrehungen in der Minute genügt, um auch die härtesten Stoffe, wie Quarzstücke, zu zertrümmern, und dass mit einer Pferdekraft stündlich 135 kg quarzhaltiger Bleierze von 6 mm Korngrösse in Mehl von 1,5 mm Grösse verwandelt werde. —

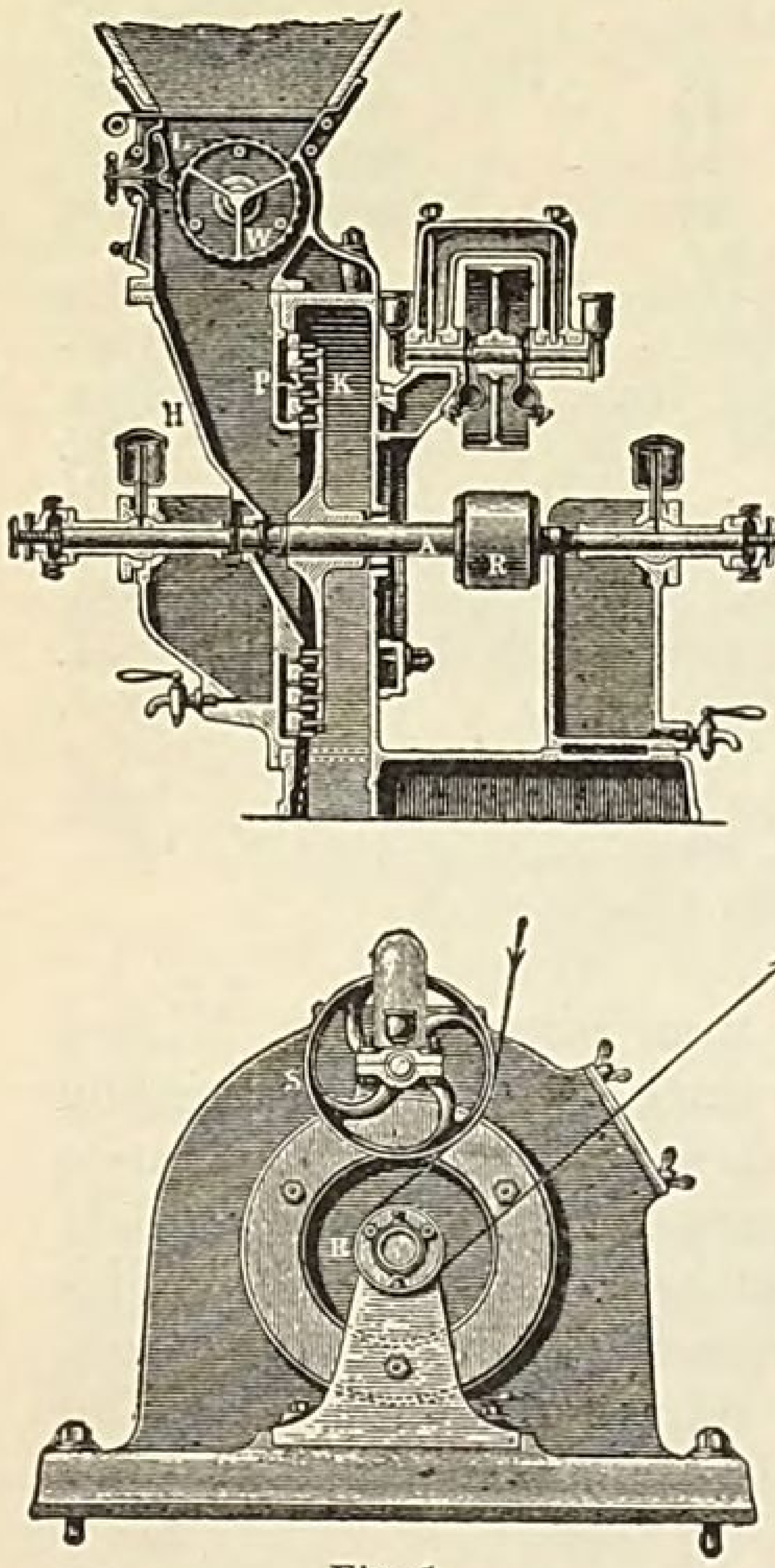


Fig. 1.

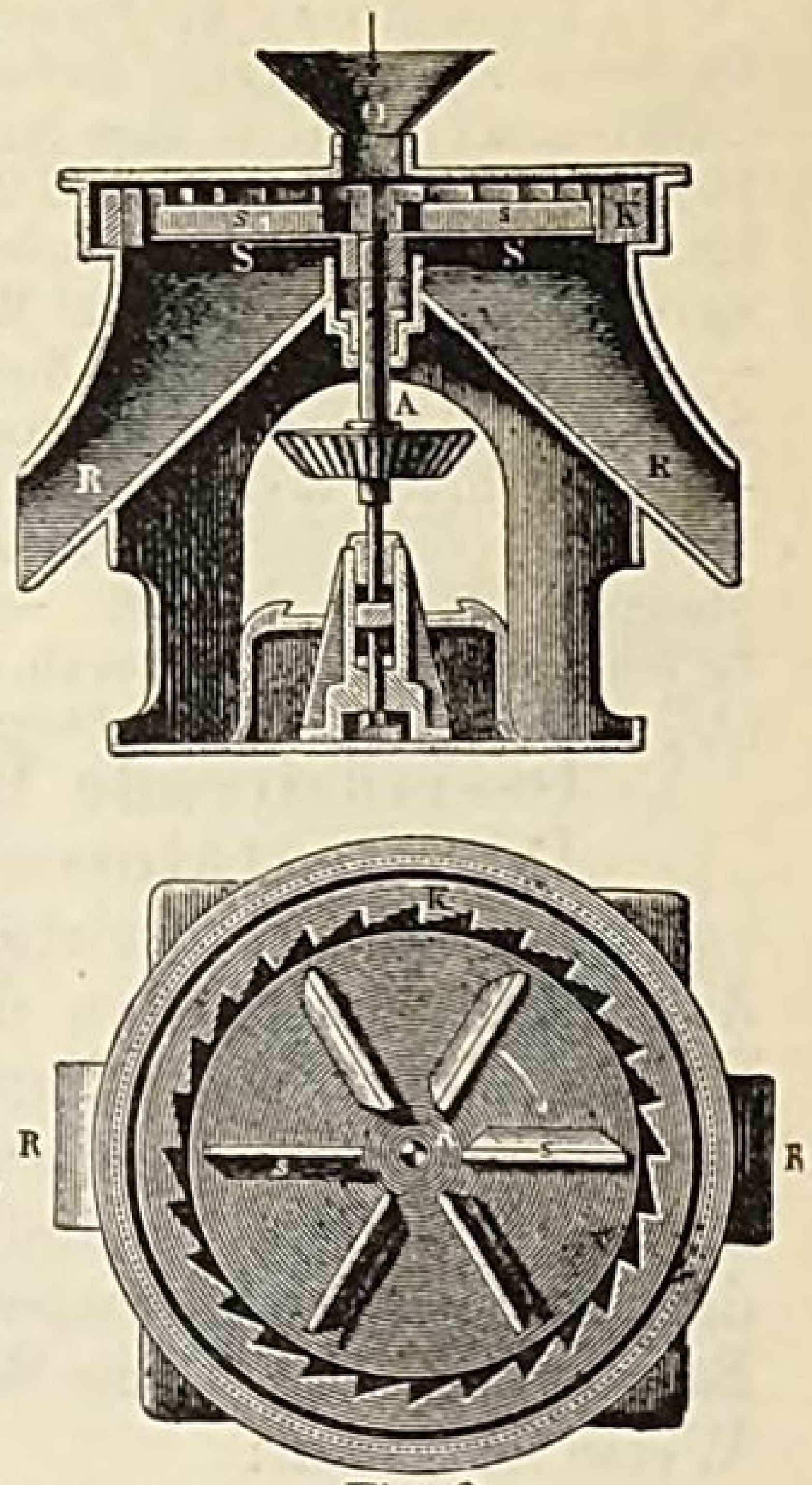


Fig. 2.

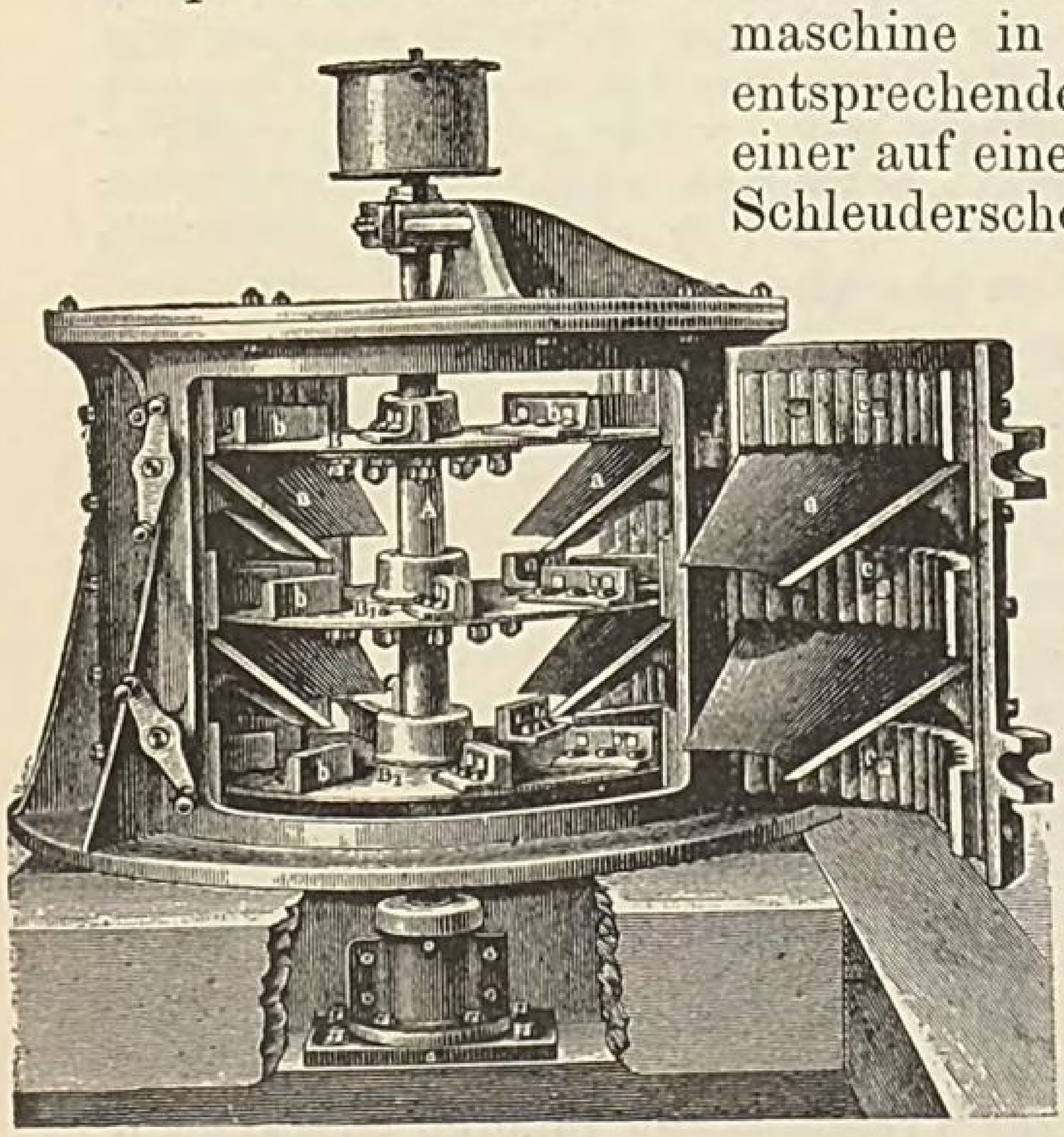


Fig. 3.

In derselben Art wie die Maschine von Rittinger arbeitet auch diejenige von Vapart, Fig. 3; nur ist dieselbe auf der gleichen stehenden Axe A mit 3 Schleuderscheiben B, B_1, B_2 über einander versehen, denen das Material nach einander zugeführt wird, indem das von einer oberen Scheibe ausgeworfene Material nach dem Zerschellen an den Zähnen des umgehenden Hartgussmantels nach unten durchfällt und durch die Rinne a der darunter befindlichen Scheibe zur wiederholten Schleuderung zugeführt wird.

Ueber die Verhältnisse dieser Vapart'schen Schleudermaschinen, welche eine vielseitige Verwendung zur Zerkleinerung der verschiedensten Stoffe, wie Kalkstein, Thon, Erze, Glas u. s. w., gefunden haben, macht die ausführende Fabrik von C. Mehler in Aachen die nachstehenden Angaben:

Nr.	Durchmesser d. Cylinders	Umdrehungen in d. Min.	Kraftverbrauch
1	1,75 m	450—600	12—15 PS
2	1,30 m	600—800	8—12 „
3	1,05 m	750—1000	5—6 „
4	0,80 m	1000—1250	3—4 „

Litteratur: [1] Rühlmann, Allgem. Maschinenlehre, Bd. 2, 2. Aufl., Braunschweig 1876. — [2] P. von Rittinger, Lehrbuch der Aufbereitungskunde, Berlin 1867. — [3] Weisbach-Herrmann, Ing.- und Masch.-Mech., 3. Teil, Bd. 3, Braunschweig 1888. — [4] D. R. P. Nr. 364, 2325, 8025, 11764, 11834, 29484.

Herrmann.

Desmin, s. Zeolith.

Desmosit, s. Spilosit.

Desoxydation, chemischer Prozess, durch welchen einer sauerstoffhaltigen Verbindung Sauerstoff entzogen wird.

Dessätine (Dessjätina, Dessatine), russisches Flächenmass, = 2400 □ Saschen, = 1,0925 ha.

Dessauische Feime, s. Diemenhäuser.

Dessignolles Pulver, s. Geschosstreibmittel.

Dessiniren, Mustern, jene in der Tuch-, Tapetenfabrikation, Weberei, Stickerei etc. ausgeführte Arbeit, durch welche an der Oberfläche eines glatten Tuch- oder tuchartigen Gewebes eine Musterung etc. zur Ausführung gebracht wird.

Litteratur: Bötticher, Dessinateurschule, Leipzig u. Berlin 1839. — Fischbach, Stilistische Flachornamente, Hanau 1873. — Hoffmann u. Kellerhoven, Recueil des dessins, Paris 1858. — Dupont-Auberville, L'ornement des tissus, ebd. 1875.

Dessinirmaschine (Muster-, Hebemaschine), diejenige in der Tuchfabrikation in Anwendung stehende Vorrichtung, durch welche an der Oberfläche eines Tuch- oder tuchartigen Gewebes Muster oder musterähnliche Gebilde hervorgebracht werden; s. Tuchfabrikation.

Destillation, chemische oder chemisch-technische Operation, bei welcher flüchtige, in Gefässen befindliche Körper von nicht oder wenig flüchtigen Substanzen dadurch getrennt werden, dass man sie durch Zuführung von Wärme in Dampf verwandelt und durch darauffolgende Abkühlung wieder zu Flüssigkeiten verdichtet. Die durch Destillation gewonnene Flüssigkeit bezeichnet man als Destillat, das, was zurückbleibt, als Rückstand (bei der Destillation geistiger Flüssigkeiten als Phlegma, die Operation selbst als Dephlegmiren). — Die ältesten Destillirapparate sind ohne Zweifel die sogen. Retorten, birnförmige Gefässe mit einer spitz zulaufenden, knieförmig umgebogenen Röhre (Hals), an welche das Gefäss zum Auffangen des Destillates, die Vorlage, angeschlossen wird. Häufig besitzen die Retorten eine mit Kork oder Glasstöpsel verschliessbare Oeffnung (Tubus, Tubulus) zum bequemeren Einfüllen der zu destillirenden Substanzen. — Für die Wahl des Materials, aus denen die Destillirapparate hergestellt werden, ist in erster Linie die Natur der zu destillirenden Körper massgebend. In den wissenschaftlichen und technischen Laboratorien bestehen die Apparate vorwiegend aus Glas, seltener aus Metall oder Thon; in der Industrie aus Kupfer, Eisen, Thon, Holz, bei der Schwefelsäurefabrikation sogar aus Platin, einem der teuersten Metalle, weil dasselbe bei der Rektifikation und Konzentrirung der Schwefelsäure durch keines der gewöhnlichen Metalle, welche alle von der Säure angegriffen werden, ersetzt werden kann. Zum Schutz gegen das Zerspringen infolge direkter Berührung mit dem Feuer setzt man gläserne Retorten auf Netze aus Eisen- oder Messingdraht oder auf eine mit trockenem Sand gefüllte eiserne Schale (Sandbad).

Manche Flüssigkeiten entwickeln trotz gleichmässiger Erhitzung ihre Dämpfe nur ruckweise, explosionsartig (Siedeverzug), wodurch nicht nur Retorten aus Glas leicht springen, sondern auch das Destillat leicht durch hinübergeschleuderte, noch nicht destillirte Flüssigkeit verunreinigt wird. Man begegnet diesen Uebelständen dadurch, dass man harte, in der zu destillirenden Flüssigkeit unlösliche Körper (Glassplitter, Metalldraht etc.) vor Beginn der Destillation in die Retorte bringt. Das lästige Schäumen mancher, insbesondere schleimiger Substanzen verhindert man dadurch, dass man ein wenig Fett in die Retorte einträgt, welches bei der Destillation schmilzt und eine auf der Oberfläche der Flüssigkeit schwimmende, den Schaum zurückhaltende Decke bildet. — Für gewöhnliche Fälle genügt es, wenn die Vorlage zur Kühlung in einer Schale mit kaltem Wasser liegt. Bei schwerer kondensirbaren Dämpfen verbindet man die Retorte mittelst eines Kautschukschlauches oder eines durchbohrten Korkstopfens mit einem sogen. Liebig'schen Kühler. Derselbe besteht im Prinzip aus einer Glasröhre, welche mit zwei doppelt durchbrohrten Pfropfen in eine weitere Glasröhre eingedichtet ist; durch jeden Pfropfen führt noch ein zweites Röhrchen, welches beständig Kühlwasser zuleitet. — Manche Substanzen (z. B. Glycerin) lassen sich unter gewöhnlichem Luftdruck nicht unzersetzt destilliren. In solchen Fällen verdünnt man mittelst einer Luftpumpe die Luft in dem mit der Vorlage luftdicht verbundenen Destillirapparat so weit, bis sich der Siedepunkt der zu destillirenden Flüssigkeit so weit erniedrigt hat, dass die Destillation ohne Zersetzung stattfinden kann. Unter vermindertem Luftdruck sieden bekanntlich die Körper bei niederer Temperatur, sind also dem entsprechend weniger leicht zersetzlich.

Von der eigentlichen Destillation ist die sogen. trockene Destillation zu unterscheiden, bei welcher unter vollkommenem Luftabschluss und unter dem Einfluss hoher Temperaturen organische Stoffe in feste, flüssige und gasförmige Produkte zersetzt werden, welche in der Regel alle zugleich auftreten. Ein Beispiel im grossen hierfür liefert die Leuchtgasfabrikation aus Steinkohlen (vergl. auch Brennstoffe, Bd. 2, S. 670). *Fünfstück.*

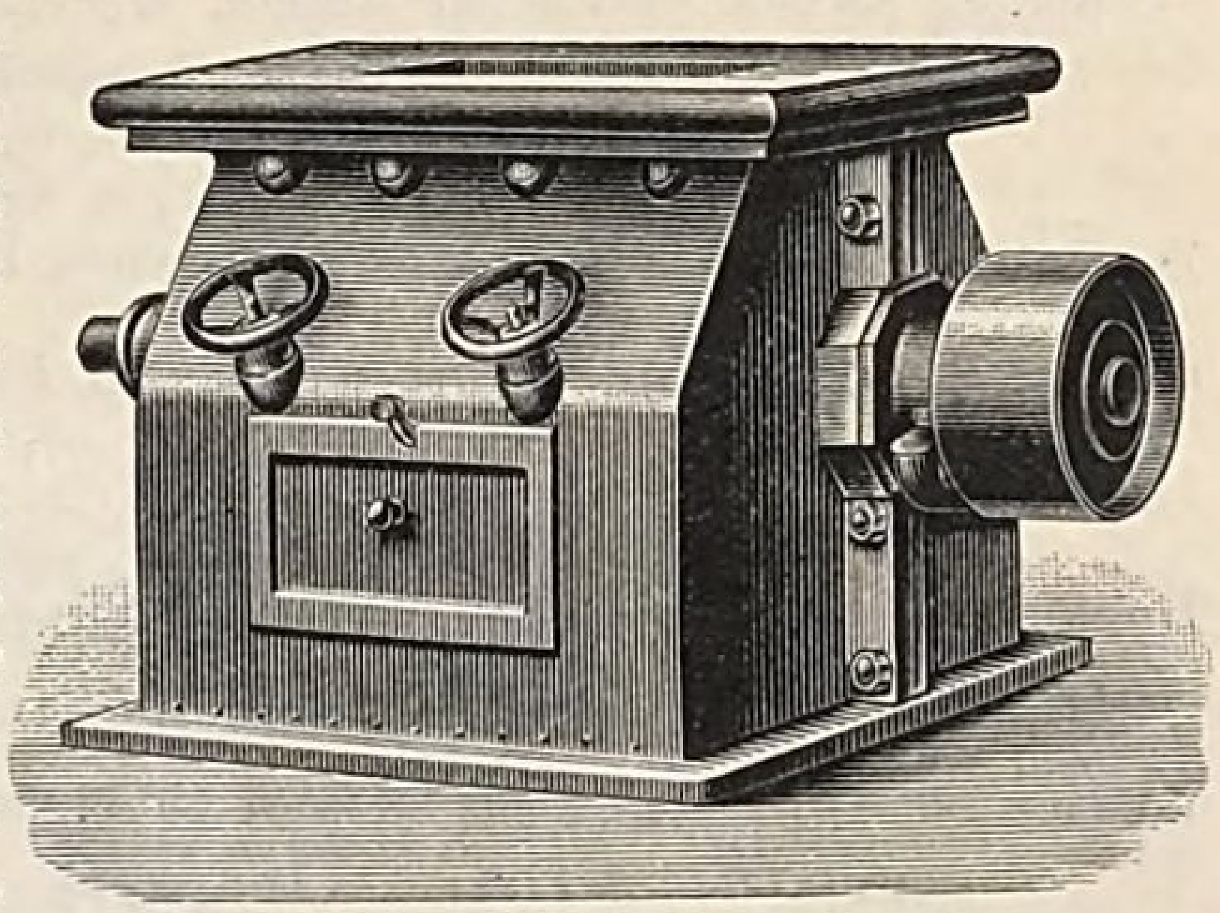
Eine in der chemischen Praxis vielfach angewendete Methode zur Trennung verschieden flüchtiger Stoffe aus ihrer Mischung ist die sogen. fraktionirte Destillation, welche man in der Industrie gewöhnlich als „Rektifikation" bezeichnet. Da der Dampfdruck einer Flüssigkeit durch Zusatz eines andern Körpers verkleinert wird, und zwar proportional ihrem Gehalt an demselben, so wird beim Abdestilliren der flüchtigen Flüssigkeit der Gehalt des Rückstandes grösser, also der Dampfdruck kleiner, womit bei konstantem Druck ein Ansteigen des Siedepunktes Hand in Hand geht. Demnach wird bei der Destillation eines solchen Gemisches das Destillat beim niedrigsten Siedepunkt am reichsten an der flüchtigeren Komponente des Gemisches sein, der sich bei höheren Siedepunkten immer mehr der andern beimengt. — Durch getrenntes Auffangen der bei verschiedenen Temperaturen übergehenden Destillate und abermalige Fraktionirung derselben gelingt es meist, die flüchtigere Komponente ziemlich vollständig von der Beimengung zu befreien. Die Möglichkeit hängt übrigens von dem Verlauf des Dampfdrucks der Mischung in Hinsicht auf ihre Zusammensetzung ab. Existirt ein Gemisch von maximalem Dampfdruck, so wird dieses beim niedrigsten Siedepunkt überdestilliren und es wird dann der höchste Siedepunkt der Komponente des Gemisches entsprechen, die dem Gemisch mit maximaler Dampfspannung gegenüber im Ueberschuss vorhanden ist. Es würde also hier die höchstsiedende Fraktion oder der Rückstand die eine reine Komponente enthalten. — Näheres s. Nernst, Theoretische Chemie, Stuttgart 1893, S. 99 ff. *Abegg.*

Wichtige Industrien, welche sich auf die Destillation gründen, sind folgende: 1. Spiritusfabrikation; 2. Leuchtgasfabrikation, Koksfabrikation, die Holzdestillation zur Gewinnung der Essigsäure, des Holzgeistes und Teers für die Farbenindustrie, die Braunkohlendestillation zur Gewinnung des Solaröls etc., mit ihren zahlreichen und wichtigen Nebenprodukten; 3. die Petroleumindustrie. Ueber die Apparate, deren sich der Grossbetrieb bedient, s. die Art. über die verschiedenen Industrien (Spiritusfabrikation, Leuchtgasfabrikation etc.). Eine

knappe, übersichtliche Zusammenstellung solcher Apparate, nebst Angaben über ihre Bezugsquellen, Leistungsfähigkeit etc. findet sich in A. Parnicke, Die maschinellen Hilfsmittel der chemischen Technik, Frankfurt a. M. 1894, S. 238 ff.

Deszensionstheorie, s. unter Gang.

Détacheur (frz.), der Lockerer, Zerbröckeler. Eine Vorrichtung in der Müllerei, welche dazu dient, das durch den Druck der Walzen blättchenförmig zusammengedrückte Mahlgut wieder zu lockern (zu detachiren), damit es den Richt- und Putzprozessen erfolgreich unterworfen werden kann. Der Détacheur ist daher keine eigentliche Zerkleinerungsmaschine. Der Zweck ist auf zwei Wegen zu erreichen: durch Peitschung des Gutes (z. B. mittelst einer schnell umlaufenden Stiftenscheibe) oder durch Bürsten. Nachdem die Zentrifugalsichtmaschinen durch die schlagende Wirkung ihrer Flügelarme den Détacheur ziemlich entbehrlich gemacht hatten, ist er in neuerer Zeit infolge der Anwendung der von Haggenmacher eingeführten Plansichter, welche weniger detachirend wirken als die Zentrifugalsichtmaschinen, wieder sehr in Aufnahme gekommen, und zwar besonders als Bürstendétacheur. Bei diesem arbeitet eine mit Borsten besetzte Walze gegen eine durchbrochene oder rauhe Fläche (Raspelblech, Drahtgewebe oder dergl.). In nebenstehender Figur ist ein derartiger Apparat dargestellt. Die Riemscheibe sitzt auf der Axe der Bürstentrommel, und die beiden Handräder dienen zur Veränderung der Entfernung zwischen Bürstenumfang und Reibfläche. *Arndt.*



Detailprojekt, s. v. w. Bauentwurf; s. Vorarbeiten.

Detailzeichnungen, im Bauwesen fast immer in natürlicher Grösse ausgeführte Arbeitszeichnungen für die ausführenden Handwerker.

Detektivapparat, s. Photographie.

Determinanten sind symbolische Ausdrücke für häufig vorkommende Eliminationsresultate, um die an sich schwerfälligen Ausdrücke in einfacher, übersichtlicher und für die Rechnung brauchbarer Gestalt schreiben zu können. Dieselben spielen in neuerer Zeit fast in allen Teilen der Mathematik eine bedeutende Rolle, am meisten in der Invariantentheorie und analytischen Geometrie.

1. Zweireihige Determinante. Das Eliminationsresultat von x (x-Eliminat) aus den Gleichungen $\left\{\begin{matrix} a_1 x + a_2 = 0 \\ b_1 x + b_2 = 0 \end{matrix}\right\}$ ist $a_1 b_2 - a_2 b_1 = 0$ und wird als Determinante $\begin{vmatrix} a_1 & a_2 \\ b_1 & b_2 \end{vmatrix} = 0$ geschrieben; a_1, a_2, b_1, b_2 heissen Elemente, $a_1 b_2$ und $a_2 b_1$ Glieder der Determinante. Die Reihen $a_1 a_2$ und $b_1 b_2$ sind Horizontalreihen (Zeilen), die Reihen $a_1 b_1$ und $a_2 b_2$ Vertikalreihen (Kolonnen). Ebenso bei mehrreihigen Determinanten. 2. Dreireihige Determinante. Das xy-Eliminat aus den Gleichungen: $\left\{\begin{matrix} a_1 x + a_2 y + a_3 = 0 \\ b_1 x + b_2 y + b_3 = 0 \\ c_1 x + c_2 y + c_3 = 0 \end{matrix}\right\}$ lautet in Determinantenform $\begin{vmatrix} a_1 & a_2 & a_3 \\ b_1 & b_2 & b_3 \\ c_1 & c_2 & c_3 \end{vmatrix} = 0$; in gewöhnlicher Form: $a_1 b_2 c_3 - a_1 b_3 c_2 + a_2 b_3 c_1 - a_2 b_1 c_3 + a_3 b_1 c_2 - a_3 b_2 c_1 = 0$.

3. Wertermittelung der Determinante. Man erhält sämtliche Glieder aus dem Diagonalglied (im Beispiel 2: $a_1 b_2 c_3$), indem man alle Permutationen der Indices bildet; ein solches Glied hat $\left\{\begin{matrix}\text{positives}\\\text{negatives}\end{matrix}\right\}$ Vorzeichen, je nachdem die betreffende Permutation eine $\left\{\begin{matrix}\text{gerade}\\\text{ungerade}\end{matrix}\right\}$ Anzahl von Inversionen besitzt (z. B. hat $a_2 b_1 c_3$ eine, $a_2 b_3 c_1$ zwei Inversionen). Bequemer zur Wertermittelung ist im allgemeinen die Entwicklung nach den Elementen einer Zeile oder Kolonne. Obige dreireihige Determinante kann nämlich auch geschrieben werden: $a_1 \begin{vmatrix} b_2 & b_3 \\ c_2 & c_3 \end{vmatrix} + a_2 \begin{vmatrix} b_3 & b_1 \\ c_3 & c_1 \end{vmatrix} + a_3 \begin{vmatrix} b_1 & b_2 \\ c_1 & c_2 \end{vmatrix}$. Hier sind die Elemente der ersten Zeile multiplizirt mit ihren Unterdeterminanten (Minoren), welche aus der Determinante dadurch entstehen, dass je die Zeile und die Kolonne, die das betreffende Element enthalten, weggelassen werden. Ebenso könnte man die Determinante nach den Elementen einer beliebigen Zeile oder Kolonne entwickeln. Das Element, dessen Unterdeterminante gesucht wird, hat man sich durch cyklische Vertauschung an die erste Stelle gebracht zu denken; z. B. aus $\begin{vmatrix} b_2 & b_3 & b_1 \\ c_2 & c_3 & c_1 \\ a_2 & a_3 & a_1 \end{vmatrix}$ ergibt sich $\begin{vmatrix} c_3 & c_1 \\ a_3 & a_1 \end{vmatrix}$ als Unterdeterminante von b_2. Doch muss dieses Verfahren der Wertermittelung

bei Determinanten von gerader Reihenzahl insofern modifizirt werden, als die abwechselnden Unterdeterminanten abwechselnde Vorzeichen erhalten, es ist z. B.:

$$\begin{vmatrix} a_1 & a_2 & a_3 & a_4 \\ b_1 & b_2 & b_3 & b_4 \\ c_1 & c_2 & c_3 & c_4 \\ d_1 & d_2 & d_3 & d_4 \end{vmatrix} = a_1 \begin{vmatrix} b_2 & b_3 & b_4 \\ c_2 & c_3 & c_4 \\ d_2 & d_3 & d_4 \end{vmatrix} - a_2 \begin{vmatrix} b_3 & b_4 & b_1 \\ c_3 & c_4 & c_1 \\ d_3 & d_4 & d_1 \end{vmatrix} + a_3 \begin{vmatrix} b_4 & b_1 & b_2 \\ c_4 & c_1 & c_2 \\ d_4 & d_1 & d_2 \end{vmatrix} - a_4 \begin{vmatrix} b_1 & b_2 & b_3 \\ c_1 & c_2 & c_3 \\ d_1 & d_2 & d_3 \end{vmatrix}$$

4. Hauptsätze der Determinantenlehre. α. Eine Determinante bleibt ungeändert, wenn man ihre Zeilen zu Kolonnen macht und umgekehrt: $\begin{vmatrix} a_1 & a_2 \\ b_1 & b_2 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} a_1 & b_1 \\ a_2 & b_2 \end{vmatrix}$. β. Bei Vertauschung zweier parallelen Reihen wechselt die Determinante ihr Zeichen:

$$\begin{vmatrix} a_1 & a_2 & a_3 \\ b_1 & b_2 & b_3 \\ c_1 & c_2 & c_3 \end{vmatrix} = - \begin{vmatrix} a_1 & a_3 & a_2 \\ b_1 & b_3 & b_2 \\ c_1 & c_3 & c_2 \end{vmatrix}.$$

γ. Eine Determinante mit zwei gleichen Parallelreihen verschwindet identisch: $\begin{vmatrix} a_1 & a_2 & a_2 \\ b_1 & b_2 & b_2 \\ c_1 & c_2 & c_2 \end{vmatrix} = 0.$

δ. Eine Determinante wird mit einem Faktor multiplizirt, indem man jedes Element einer Reihe mit dem Faktor multiplizirt: $\lambda \begin{vmatrix} a_1 & a_2 & a_3 \\ b_1 & b_2 & b_3 \\ c_1 & c_2 & c_3 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} a_1 & a_2 & \lambda\, a_3 \\ b_1 & b_2 & \lambda\, b_3 \\ c_1 & c_2 & \lambda\, c_3 \end{vmatrix}$. ε. Bestehen die Elemente einer Reihe aus Summen, so ist die Determinante selbst in eine Summe von Determinanten zerlegbar: $\begin{vmatrix} a_1 & a_2 + \alpha_2 \\ b_1 & b_2 + \beta_2 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} a_1 & a_2 \\ b_1 & b_2 \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} a_1 & \alpha_2 \\ b_1 & \beta_2 \end{vmatrix}$. ζ. Eine Determinante bleibt ungeändert, wenn man zu den Elementen einer Reihe die gleichvielfachen Elemente einer Parallelreihe addirt:

$$\begin{vmatrix} a_1 & a_2 & a_3 \\ b_1 & b_2 & b_3 \\ c_1 & c_2 & c_3 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} a_1 & a_2 & \lambda\, a_2 + a_3 \\ b_1 & b_2 & \lambda\, b_2 + b_3 \\ c_1 & c_2 & \lambda\, c_2 + c_3 \end{vmatrix}.$$

5. Laplace'scher Determinantensatz. Die unter 3. erwähnten Unterdeterminanten können wieder nach Elementen einer Reihe entwickelt werden. Die hierbei auftretenden Unterdeterminanten heissen Unterdeterminanten 2. Ordnung u. s. f. — Der Laplace'sche Determinantensatz lautet diesbezüglich: Jede n-reihige Determinante kann als Summe von Produkten von Unterdeterminanten p. Ordnung mit solchen $(n-p)$. Ordnung dargestellt werden, z. B.:

$$\begin{vmatrix} a_1 & a_2 & a_3 & a_4 \\ b_1 & b_2 & b_3 & b_4 \\ c_1 & c_2 & c_3 & c_4 \\ d_1 & d_2 & d_3 & d_4 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} a_1 & a_2 \\ b_1 & b_2 \end{vmatrix} \cdot \begin{vmatrix} c_3 & c_4 \\ d_3 & d_4 \end{vmatrix} - \begin{vmatrix} a_1 & a_3 \\ b_1 & b_3 \end{vmatrix} \cdot \begin{vmatrix} c_2 & c_4 \\ d_2 & d_4 \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} a_1 & a_4 \\ b_1 & b_4 \end{vmatrix} \cdot \begin{vmatrix} c_2 & c_3 \\ d_2 & d_3 \end{vmatrix} - \begin{vmatrix} a_2 & a_3 \\ b_2 & b_3 \end{vmatrix} \cdot \begin{vmatrix} c_1 & c_4 \\ d_1 & d_4 \end{vmatrix}$$
$$+ \begin{vmatrix} a_2 & a_4 \\ b_2 & b_4 \end{vmatrix} \cdot \begin{vmatrix} c_1 & c_3 \\ d_1 & d_3 \end{vmatrix} - \begin{vmatrix} a_3 & a_4 \\ b_3 & b_4 \end{vmatrix} \cdot \begin{vmatrix} c_1 & c_2 \\ d_1 & d_2 \end{vmatrix}.$$

6. Multiplikation der Determinanten. Zwei n-reihige Determinanten werden multiplizirt, indem man die einzelnen Elemente einer Reihe, mit den entsprechenden einer andern multiplizirt, addirt und aus den für alle Reihenkombinationen gebildeten Summen eine neue Determinante bildet:

$$\begin{vmatrix} a_1 & a_2 & a_3 \\ b_1 & b_2 & b_3 \\ c_1 & c_2 & c_3 \end{vmatrix} \cdot \begin{vmatrix} \alpha_1 & \alpha_2 & \alpha_3 \\ \beta_1 & \beta_2 & \beta_3 \\ \gamma_1 & \gamma_2 & \gamma_3 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} a_1 \alpha_1 + a_2 \alpha_2 + a_3 \alpha_3 & a_1 \beta_1 + a_2 \beta_2 + a_3 \beta_3 & a_1 \gamma_1 + a_2 \gamma_2 + a_3 \gamma_3 \\ b_1 \alpha_1 + b_2 \alpha_2 + b_3 \alpha_3 & b_1 \beta_1 + b_2 \beta_2 + b_3 \beta_3 & b_1 \gamma_1 + b_2 \gamma_2 + b_3 \gamma_3 \\ c_1 \alpha_1 + c_2 \alpha_2 + c_3 \alpha_3 & c_1 \beta_1 + c_2 \beta_2 + c_3 \beta_3 & c_1 \gamma_1 + c_2 \gamma_2 + c_3 \gamma_3 \end{vmatrix}.$$

7. Matricen. Matrix heisst eine Determinante mit weniger Zeilen als Kolonnen, z. B. $\begin{Vmatrix} a_1 & a_2 & a_3 \\ b_1 & b_2 & b_3 \end{Vmatrix}$ Die Determinanten, die man durch Weglassen von Kolonnen aus ihr bildet, in unserem Beispiel $\begin{vmatrix} a_2 & a_3 \\ b_2 & b_3 \end{vmatrix}$, $\begin{vmatrix} a_3 & a_1 \\ b_3 & b_1 \end{vmatrix}$, $\begin{vmatrix} a_1 & a_2 \\ b_1 & b_2 \end{vmatrix}$, heissen die Determinanten der Matrix. Als Quadrat obiger Matrix wird die Grösse $\begin{vmatrix} a_1^2 + a_2^2 + a_3^2 & a_1 b_1 + a_2 b_2 + a_3 b_3 \\ a_1 b_1 + a_2 b_2 + a_3 b_3 & b_1^2 + b_2^2 + b_3^2 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} a_2 & a_3 \\ b_2 & b_3 \end{vmatrix}^2 + \begin{vmatrix} a_3 & a_2 \\ b_3 & b_1 \end{vmatrix}^2 + \begin{vmatrix} a_1 & a_2 \\ b_1 & b_2 \end{vmatrix}^2$ bezeichnet. Als Summe dreier Quadrate verschwindet das Matrixquadrat nur dann, wenn alle drei Determinanten der Matrix Null sind. Der Ausdruck $x : y : z = \begin{Vmatrix} a_1 & a_2 & a_3 \\ b_1 & b_2 & b_3 \end{Vmatrix}$ bedeutet, dass sich $x : y : z$ wie die Determinanten obiger Matrix verhalten. 8. Anwendungen der Determinanten. α. Auflösung eines Systems linearer Gleichungen, z. B.: $\left\{ \begin{matrix} a_1 x + a_2 y + a_3 = 0 \\ b_1 x + b_2 y + b_3 = 0 \end{matrix} \right\}$. Es ist

$$x : y : 1 = \begin{Vmatrix} a_1 & a_2 & a_3 \\ b_1 & b_2 & b_3 \end{Vmatrix} \text{ also } x = \frac{\begin{vmatrix} a_2 & a_3 \\ b_2 & b_3 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} a_1 & a_2 \\ b_1 & b_2 \end{vmatrix}};\; y = \frac{\begin{vmatrix} a_3 & a_1 \\ b_3 & b_1 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} a_1 & a_2 \\ b_1 & b_2 \end{vmatrix}}.$$

β. Elimination von x aus

$$\left\{ \begin{matrix} a_1 x^2 + a_2 x + a_3 = 0 \\ b_1 x^2 + b_2 x + b_3 = 0 \end{matrix} \right\} \text{ gibt } \begin{vmatrix} a_2 & a_3 \\ b_2 & b_3 \end{vmatrix} \cdot \begin{vmatrix} a_1 & a_2 \\ b_1 & b_2 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} a_3 & a_1 \\ b_3 & b_1 \end{vmatrix}^2.$$

γ. Differenzenproduktsdeterminante. Dieselbe ist:

$$\begin{vmatrix} 1 & \alpha_1 & \alpha_1^2 & \ldots & \alpha_1^{n-1} \\ 1 & \alpha_2 & \alpha_2^2 & \ldots & \alpha_2^{n-1} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ 1 & \alpha_n & \alpha_n^2 & \ldots & \alpha_n^{n-1} \end{vmatrix} = (\alpha_2 - \alpha_1)(\alpha_3 - \alpha_1) \ldots (\alpha_n - \alpha_1) \quad (\alpha_3 - \alpha_2) \ldots (\alpha_n - \alpha_2)$$
$$\ldots\ldots\ldots\ldots (\alpha_n - \alpha_{n-1}).$$

Dieselbe spielt bei den symmetrischen Funktionen (s. Symmetrisch) eine Rolle. δ. Resultante zweier Gleichungen von höherem Grad, s. Resultante. ε. Funktionaldeterminante, s. d.

ζ. Hesse'sche Determinante heisst die Determinante der zweiten Differentialquotienten einer homogenen Funktion (Form). Bei zwei homogenen Veränderlichen x und y ist dieselbe, wenn $f(x, y)$ die gegebene Form ist: $\begin{vmatrix} \frac{\partial^2 f}{\partial x^2} & \frac{\partial^2 f}{\partial x \partial y} \\ \frac{\partial^2 f}{\partial x \partial y} & \frac{\partial^2 f}{\partial y^2} \end{vmatrix}$, eine in der Invariantentheorie sehr wichtige Bildung. Die Hesse'sche Determinante für drei homogene Veränderliche s. Hesse'sche Kurve.

η. Beispiel einer Anwendung auf analytische Geometrie. Sind in der Ebene drei Punkte in rechtwinkeligen Koordinaten $x_1 y_1$, $x_2 y_2$, $x_3 y_3$ gegeben, so ist der Flächeninhalt des von ihnen gebildeten Dreiecks: $\frac{1}{2} \begin{vmatrix} x_1 & y_1 & 1 \\ x_2 & y_2 & 1 \\ x_3 & y_3 & 1 \end{vmatrix}$. Die Determinante gleich Null gesetzt ist die Bedingung, dass die drei Punkte auf einer Geraden liegen; daher ist $\begin{vmatrix} x & y & 1 \\ x_1 & y_1 & 1 \\ x_2 & y_2 & 1 \end{vmatrix} = 0$ die Gleichung der Verbindungslinie der zwei Punkte $(x_1 y_1)$ und $(x_2 y_2)$. ϑ. Beispiel einer Anwendung auf Goniometrie:

$$\begin{vmatrix} \cos\alpha & \sin\alpha & 1 \\ \cos\beta & \sin\beta & 1 \\ \cos\gamma & \sin\gamma & 1 \end{vmatrix} = 4 \sin\frac{\beta-\gamma}{2} \sin\frac{\gamma-\alpha}{2} \sin\frac{\alpha-\beta}{2}.$$

Litteratur: Unter den nachstehend aufgeführten Werken ist [1] das reichhaltigste, aber etwas abstrakt; [4], [5] und [6] dienen zur ersten Einführung; [5] und [6] enthalten viele Uebungsbeispiele. [1] Baltzer, R., Theorie und Anwendung der Determinanten, 5. Aufl., Leipzig 1881. — [2] Salmon, G., Vorlesungen über die Algebra der linearen Transformationen, Deutsch von W. Fiedler, 2. Aufl., Leipzig 1877. — [3] Gordan, P., Vorlesungen über Invariantentheorie, herausgegeben von Kerschensteiner, Bd. 1, Leipzig 1885. — [4] Diekmann, J., Anwendung der Determinanten und Elemente der neueren Algebra, Leipzig 1889. — [5] Mansion, P., Elemente der Theorie der Determinanten, 2. Aufl., Leipzig 1886. — [6] Dölp, H., Die Determinanten, 4. Aufl., Darmstadt 1894. *Wölffing.*

Detonationssignale (Knallsignale), s. Bahnzustandssignale.

Detonator, in der Sprengtechnik Zündung aus Knallquecksilber etc. zur Entzündung von Nitropräparaten.

Deupe, s. v. w. Düse.

Deutsche Bohrmethode, s. Tiefbohren.

Deutsche Falle, hebender Riegel (ohne Feder), welcher über einen Schliesskloben gelegt wird; die Bewegung erfolgt mittelst Griffs oder Knopfs.

Deutsche Naht ist diejenige für Wirkwaren verwendete überwendliche Naht, bei welcher der Nähfaden den zweiten und dritten Maschenhenkel des einen Warenstückes mit dem zweiten und dritten Henkel des andern Warenteiles in jeder zweiten Reihe verbindet.

Deutscher Baustil, eine in früheren Zeiten gebrauchte, aber ganz unrichtige Bezeichnung für gotischen Stil.

Deutsche Renaissance, s. Renaissancestil.

Deutscher Hund, s. Förderung.

Deutsches Geschirr nennt man eine, jetzt nur noch selten bei der Papierfabrikation verwendete Vorrichtung, welche zum Zerstampfen der Hadern diente und aus senkrecht geführten schweren Stempeln, ähnlich wie ein Pochwerk, bestand, welche durch eine Daumenwelle periodisch gehoben und fallen gelassen wurden; s. Papierfabrikation und Pochwerk.

Deutsches Schloss, alte Konstruktion, bei welcher nur mit dem Schlüssel aufgeschlossen und mittelst einer am Schliesshaken (Schnapper) angebrachten Aufhaltung wieder geschlossen wird. Der zugehörige Schlüssel hat ein hohles Rohr und wird über einen Dorn in das Schloss eingeschoben.

Deutsches Spinnverfahren, Vorspinnverfahren (Vorbereitung) der Kammgarnspinnerei, welches man bei dem Verfeinern der Spindelbänke (Flyer) anwendet; s. Kammgarnspinnerei.

Deutsches Tunnelbausystem. Die dem Vorgang beim belgischen Tunnelbausystem (s. d.) gerade entgegengesetzte Idee, einen Tunnelbau von zwei beiderseits in Höhe der Fundamentmauern vorgetriebenen Seitenstollen aus zu beginnen und durch Aufbruch nach oben hin unter gleichzeitiger Ausführung des Mauerwerks bis zum Schluss des Gewölbes im Scheitel fortzuführen, sonach einen Mittelkörper, den Kern, stehen zu lassen, fand ihre erste Anwendung beim Bau mehrerer französischen Kanaltunnels, so beim Tunnel von Tronquoy, St. Aignan und Pouilly [1]. Während sich aber bei den mit Erbauung von Eisenbahnen in grösserer Zahl auszuführenden Tunnels die englischen und

französischen Ingenieure sofort von einer solchen Kernbaumethode abwendeten und zu der englischen bezw. belgischen Methode übergingen, spalteten sich bei dem Bau der ersten beiden deutschen Tunnels von Oberau und Königsdorf, welche beide 1837 in Angriff genommen wurden, die Ansichten und während bei dem ersteren das österreichische System (s. d.) — wie es später genannt wurde — seine Begründung fand, wurde mit dem Bau des Königsdorfer Tunnels bei Aachen das deutsche System ausgebildet, woselbst der als praktischer Bergmann bekannte Obersteiger Sauer mit dem von ihm erdachten Verfahren die Oberhand über die Anhänger des englischen Systems behielt. Es wurden hier zunächst — wie bei jenen französischen Kanaltunnels — zwei parallele Sohlstollen getrieben und in denselben die Fundamente und die ersten Anfänge des Widerlagsmauerwerks aufgeführt. In gewissen Abständen wurden beide Stollen durch Querschläge verbunden und in denselben Gurten des Sohlgewölbes ausgeführt. Auf diese unteren Stollen wurden dann die oberen Mauerstollen aufgesetzt und in diesen das Widerlagsmauerwerk vollendet. Dann wurde ein Scheitelstollen getrieben und zum Bogenort erweitert, in diesem dann, unter Benützung des stehengebliebenen Kerns, die Lehrbogen aufgestellt und die Wölbung zum Schluss gebracht. Der Kern wurde zuletzt entfernt und dann die fehlenden Partien des Sohlgewölbes nachgeholt. — Die erheblichen Schwierigkeiten, welche in den Schwimmsandpartien dieses Tunnels überwunden werden mussten, trugen wesentlich dazu bei, dem eingeschlagenen System zur Anerkennung zu verhelfen, und als 1842 der Triebitzer Tunnel in Mähren erbaut werden sollte und man nach den Terrainstudien auf einen sehr schwierigen Bau schliessen konnte, entschied man sich ebenfalls für das Kernbausystem. Der Vorgang — typisch für das deutsche System — ist aus Fig. 1—5 und insbesondere dem Schema (Fig. 1) ersichtlich, bei dem die Buchstaben *abcde* die Reihenfolge des Abbaues andeuten.

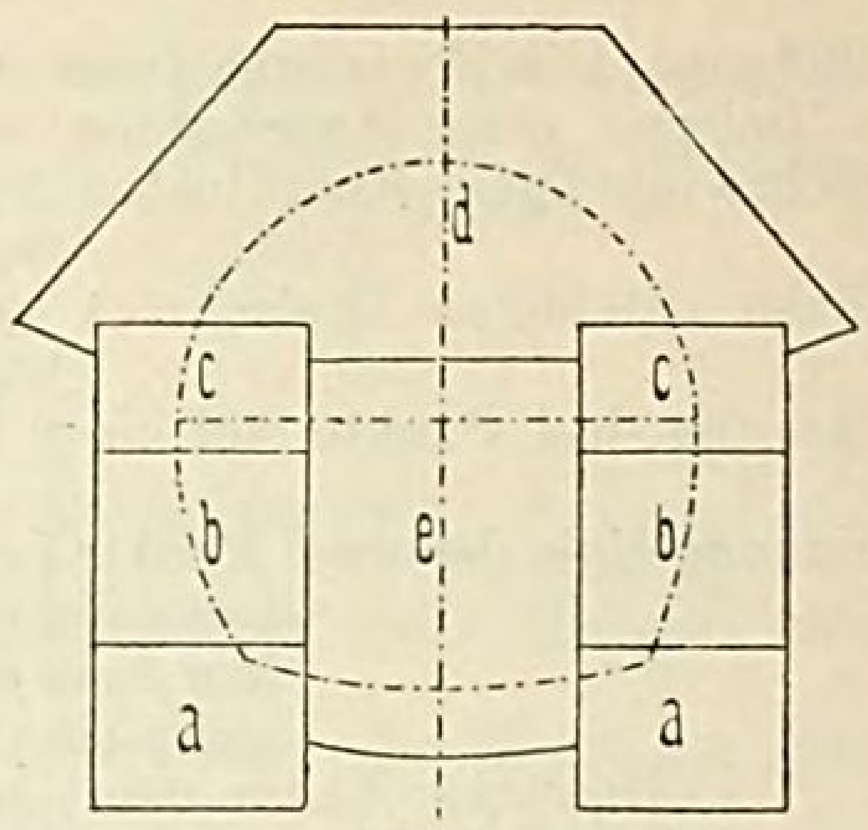
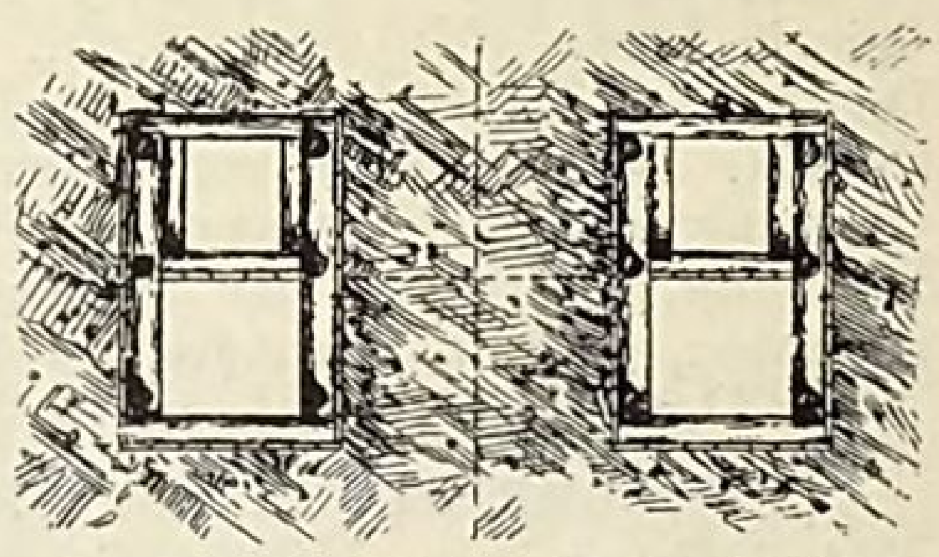
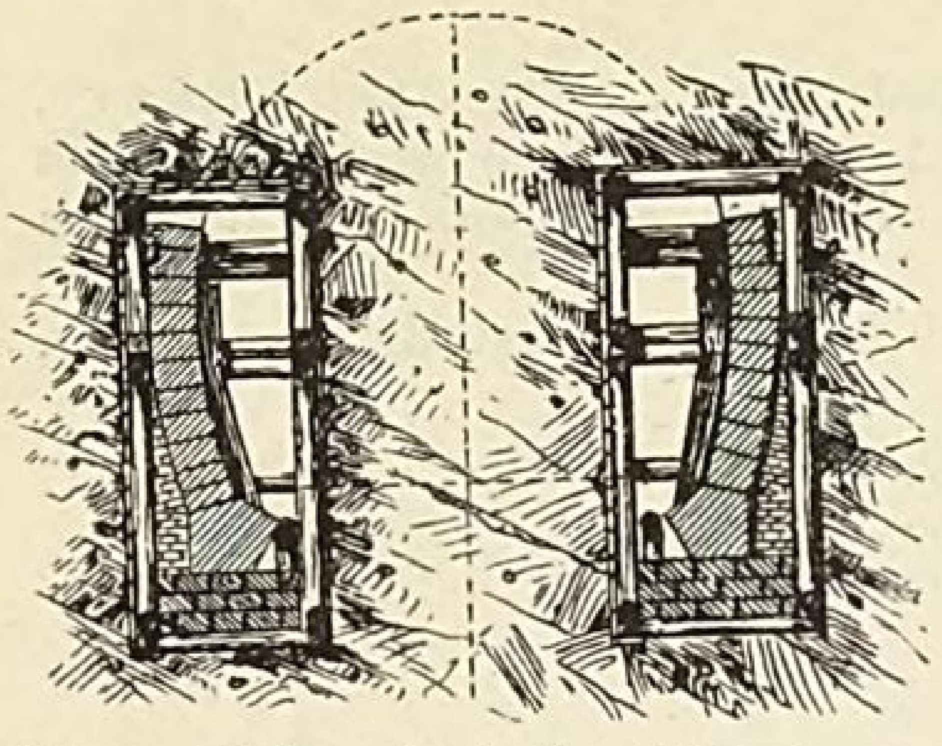
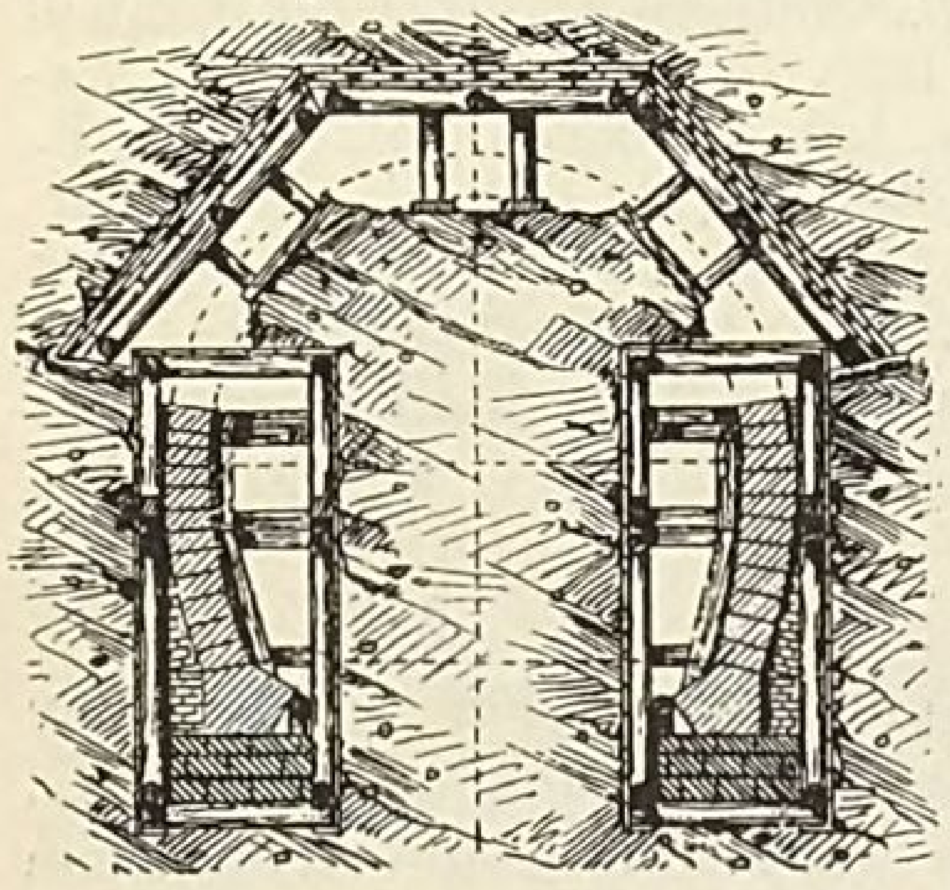
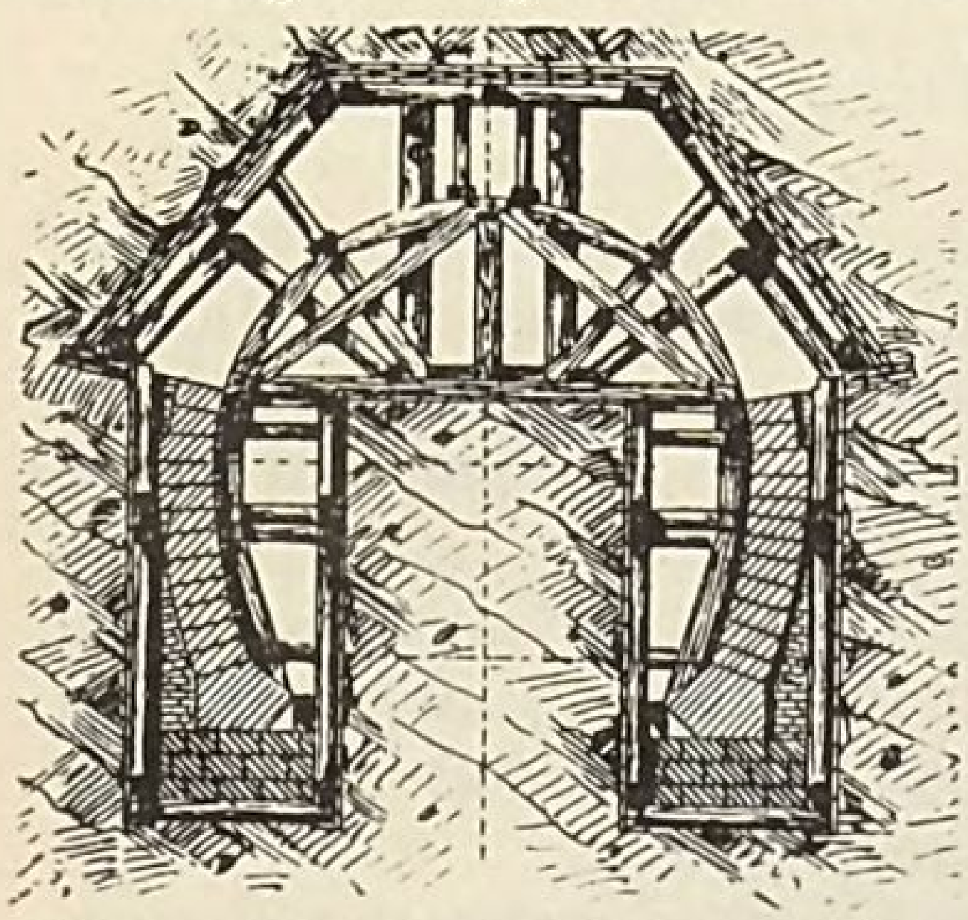


Fig. 1.


Fig. 2. Stolleneinbau für die beiden Widerlager.


Fig. 3. Einbau der beiden Widerlager.


Fig. 4. Abbau der Kappe mit den Sparren.


Fig. 5. Einbau der Lehrbögen und Abbolzung der Sparren auf die Lehrbögen.

Der Bau des Triebitzer Tunnels [2] nimmt in der Geschichte des Tunnelbaues eine hervorragende Rolle, und zwar wesentlich durch den Misserfolg des Systems, ein, bei dessen Ausführung der ganze Tunnelberg aufgerüttelt wurde. Der Kern verschob sich so arg, dass die Widerlagsmauern hereingedrückt wurden und das nun in Bewegung geratene Gebirge so mächtig unter den Fundamenten hereindrückte, dass dieselben verschoben und das Sohlgewölbe gehoben wurde. Die Gebirgsbewegungen hörten auch nach Vollendung des Baues nicht auf und beschädigten das Bauwerk derart, dass schon 1847 bedeutende Rekonstruktionen und die Auswechslung einer beträchtlichen Länge des Sohlgewölbes vorgenommen werden musste. Aber auch dies genügte nicht und es musste ein Holzgerüst eingebaut werden, welches den zweigleisig angelegten Tunnel nur für ein Gleis benützen liess. — Der durchgängig mit Quadern gewölbte Tunnel ist rund 500 m lang und hat ohne die Rekonstruktionsarbeiten 978 348 fl. österr., also pro laufenden Meter 3500 ℳ. gekostet. Die Bauzeit währte von Oktober 1842 bis März 1845.

Der Tunnel erforderte bei 52520 cbm Aushubmassen 18000 cbm Holz und 13220 cbm Quadermauerwerk. — Eine weitere Anwendung fand das System bei mehreren Tunnels der österreichischen Südbahn, bei denen man indes vom Scheitel aus begann und zur Ausbolzung des Bogenortes zweckmässig Sparrenzimmer (s. d.) verwendete. Der Mittelkörper wurde hier viel schmäler genommen. — Ganz abweichend ging man mit dem Kernbausystem bei mehreren württembergischen Tunnels, so namentlich beim Bau des Tunnels unter dem Schloss Rosenstein [3], [4], vor. Man begann zwar ebenfalls mit den Seitenstollen für das Fundament, baute aber das vom Scheitelstollen aus eröffnete Bogenort mittelst Sparrenzimmern aus 7 Teilen aus und verstützte dasselbe auf eine Hauptschwelle, die zwar ebenfalls auf dem Kern auflag, aber seitlich desselben durch mit Schrauben verlängerbare Stempel in unverrückbarer Höhe gehalten wurde. Auch zur provisorischen Abfangung des Gebirges wurden Bolzenschrauben (s. d.) verwendet. — Weitere Anwendungen erfuhr das System am Schwarzkopftunnel im Spessart, an den Tunnels der Saarbrückener und Deutz-Giessener Bahn, dem Volkmarshausener Tunnel der Linie Hannover-Kassel, im Neustädter Thal der Linie Ludwigshafen-Bexbach und namentlich an dem ebenfalls zu trauriger Berühmtheit gelangten Czernitzer Tunnel [5]. Fast jede dieser Bauten zeigt das Bestreben, die Fehler ihrer Vorgänger durch Massnahmen zu vermeiden, die sich sämtlich wirkungslos gezeigt haben, weil man sich nicht entschliessen konnte, den Hauptfehler, den Mittelkern, zu beseitigen.

Die schwierigsten Bauten und die gefährlichsten Brüche, welche die Geschichte des Tunnelbaues überhaupt kennt, entfallen auf das deutsche System. Der Königsdorfer Tunnel, der Triebitz-Tunnel, der Weberkogel-Tunnel am Semmering, der Czernitzer Tunnel bei Ratibor und der Pfaffenberg-Tunnel der Deutz-Giessener Bahn sind Gedenksteine auf dem schwierigen und nutzlosen Wege, ein Mittelkernsystem zur Geltung zu bringen, bis endlich die Katastrophe am Czernitz-Tunnel auch den treuesten Anhängern des Systems die Augen öffnete und dahin führte, dasselbe gänzlich zu verlassen. Als besondere Nachteile des Systems sind anzuführen: 1. Schwierigkeit der Ventilation und Wasserführung in den durch den Kern verengten und mit Mauerwerk erfüllten Räumen; 2. Verteuerung der Gewinnung bei dem stollenartigen Vordringen und dem schachtartigen Abteufen der einzelnen Partien; 3. erschwerte Förderung wegen der Raumverengung und der durch diese gebotenen Verwendung kleiner Gefässe; 4. Unsicherheit der auf dem Kern ruhenden Zimmerung des Bogenortes; 5. Veranlassung zur Aufrüttlung des Gebirges und zur Vermehrung der Druckerscheinungen, sowie zur Verschiebung der Widerlager bei Bewegungen des Kerns; 6. Verspätete Einbringung des Sohlgewölbes.

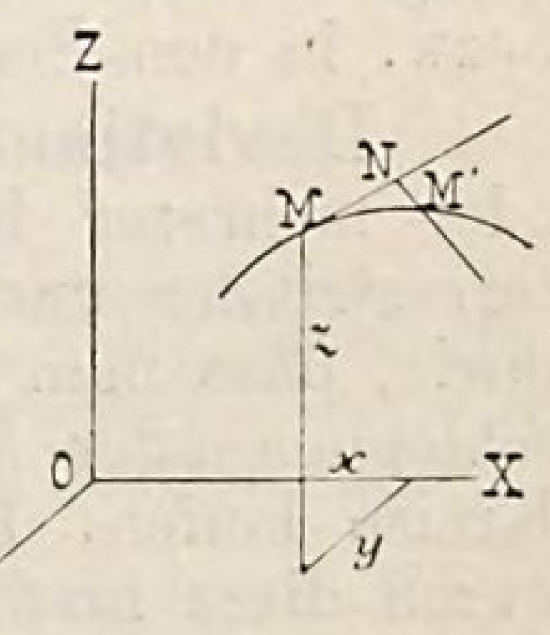
Eine sehr gründliche Kritik gibt Rziha, der nach seinen Erfahrungen bei der Rekonstruktion des Czernitzer Tunnels hierzu vollberechtigt war [6].

Litteratur: [1] Minard, Cours de construction, Paris 1841. — [2] Försters Bauzeitung 1845. — [3] Stuttgarter Eisenbahnzeitung 1848 u. 1849. — [4] Becker, Allgem. Baukunde 1857. — [5] Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens 1857. — [6] Rziha, Lehrbuch des ges. Tunnelbaues, Berlin 1874.

von Oer.

Deutsch-gotische Bauweise, s. Gotischer Baustil.

Deviation. Ein Punkt beschreibe eine Kurve (s. Fig.) und stehe zur Zeit t in M; v sei seine Geschwindigkeit zu dieser Zeit. Nach Ablauf einer weiteren Zeit ϑ sei M' seine Lage. Ein zweiter Punkt gehe zur Zeit t gleichzeitig mit ihm von M ab und laufe auf der Tangente von M mit der Geschwindigkeit v gleichförmig, so dass er nach Verlauf der Zeit ϑ in N steht. Der Abstand NM' beider Punkte gibt die Abweichung der Bewegung des ersteren von der geradlinigen Bewegung des letzteren auf der Tangente an. Für den Fall, dass ϑ unendlich klein wird, heisst $NM' = \delta$ die Deviation des Punktes M. Sie ist unendlich klein von der zweiten Ordnung. Um sie zu bestimmen, seien x, y, z die Koordinaten von M als Funktionen von t. Dann sind die Koordinaten von M' die Werte dieser Funktionen für $t + \vartheta$ und können, da für ϑ nur unendlich kleine Werte beansprucht werden, nach dem Taylor'schen Satze entwickelt werden in die Reihen:



$$x + x'\vartheta + \tfrac{1}{2}x''\vartheta^2 + \tfrac{1}{6}x'''\vartheta^3 + \ldots,\quad y + y'\vartheta + \tfrac{1}{2}y''\vartheta^2 + \tfrac{1}{6}y'''\vartheta^3 + \ldots,\quad z + z'\vartheta + \tfrac{1}{2}z''\vartheta^2 + \tfrac{1}{6}z'''\vartheta^3 + \ldots.$$

Die Koordinaten von N aber sind die um die Projektionen von $MN = v\vartheta$ auf die Axen vergrösserten Koordinaten x, y, z, mithin da x', y', z' die Projektionen von v sind: $x + x'\vartheta$, $y + y'\vartheta$, $z + z'\vartheta$. Hiermit werden die Differenzen der Koordinaten von M' und N, d. h. die Projektionen von δ auf die Axen

$$\tfrac{1}{2}\vartheta^2(x'' + \tfrac{1}{3}x'''\vartheta + \ldots),\quad \tfrac{1}{2}\vartheta^2(y'' + \tfrac{1}{3}y'''\vartheta + \ldots,\quad \tfrac{1}{2}\vartheta^2(z'' + \tfrac{1}{3}z'''\vartheta + \ldots).$$

Damit ergibt sich, wenn man die Quadratsumme dieser Grössen, d. h. das Quadrat von NM' bildet und zur Grenze für abnehmende ϑ übergeht:

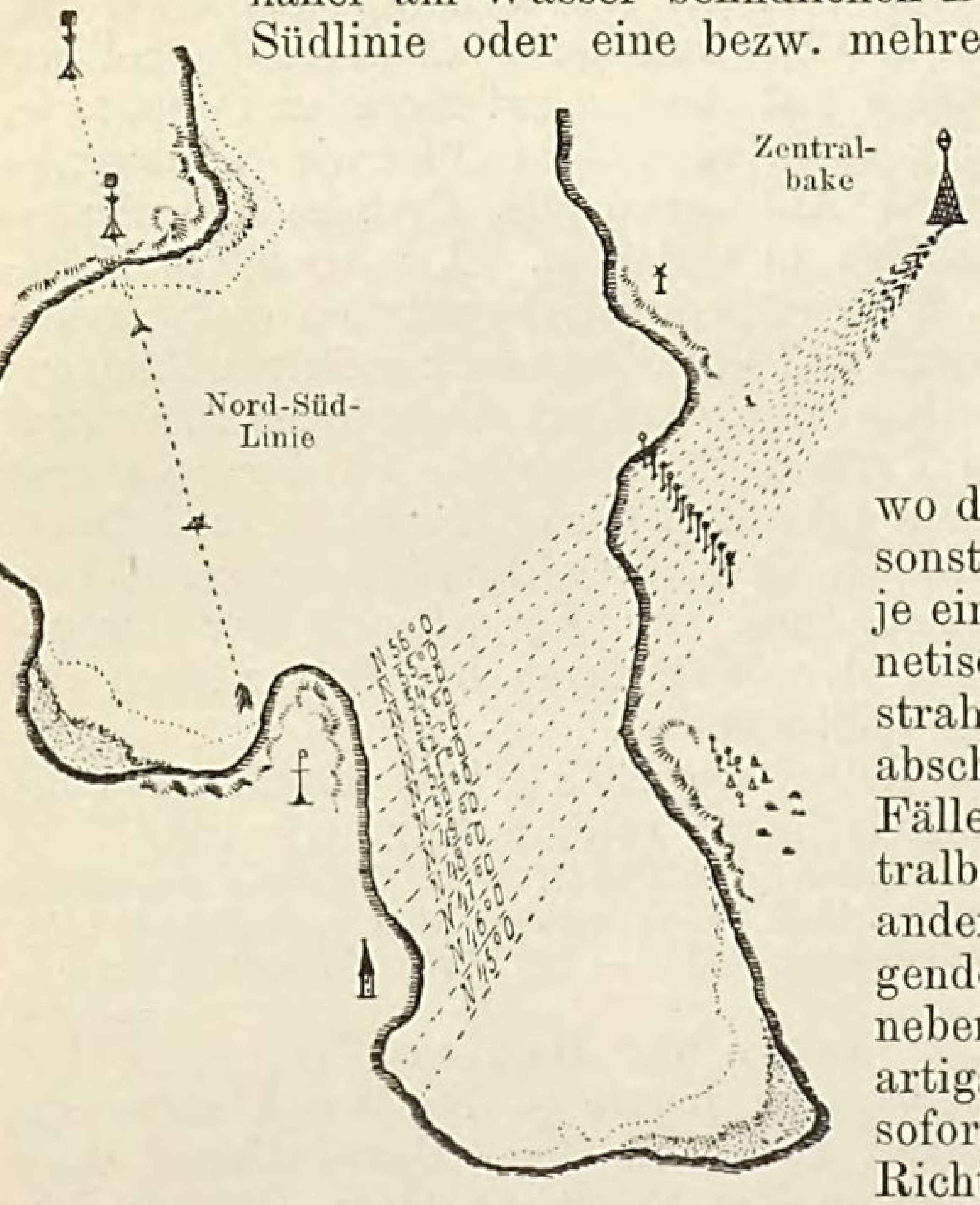
$$\lim.\left(\frac{NM'}{\frac{1}{2}\vartheta^2}\right) = (x''^2 + y''^2 + z''^2)^{\frac{1}{2}} = \varphi,$$

nämlich gleich der Beschleunigung des Punktes M (s. d. Art. Beschleunigung). Man hat daher, indem man dt für ϑ und δ für NM' schreibt, mit Weglassung des Zeichens lim.

$$\delta = \tfrac{1}{2}\varphi\, dt^2.$$

Die Richtungscosinusse von NM' sind die Projektionen von NM', dividirt durch NM'. Sie werden in der Grenze $x'':\varphi$, $y'':\varphi$, $z'':\varphi$, d. h. die Deviation hat die Richtung der Beschleunigung und ihre Grösse ist der Beschleunigung proportional (vergl. Schell, Theorie der Bewegung und der Kräfte, Bd. 2, S. 322 bis 324). Der Ausdruck „Deviation" wird auch für die Abweichung der Bahn der Geschosse gebraucht (s. d. Art. Ballistik). — Vergl. auch Kompass. *Schell.*

Deviationsbaken, Baken, welche zum Zwecke der terrestrischen Deviationsbestimmung in grösseren Häfen am Ufer weit sichtbar und so aufgestellt sind, dass die Verbindungslinie der weiter innenlands errichteten mit der oder den näher am Wasser befindlichen Baken entweder die magnetische Nord-Südlinie oder eine bezw. mehrere andere, verschiedene Winkel mit dieser bildende Linien darstellt. Bei Festlegung einer einzigen bestimmten magnetischen Linie bedient man sich nur eines mit gleichen Abzeichen versehenen Bakenpaares. In Kriegshäfen findet man aber häufig, um mehreren Schiffen gleichzeitig eine Deviationsbestimmung zu gestatten, wo dieses wegen des beschränkten Raumes sonst unmöglich wäre, eine ganze Anzahl, je einen Grad auseinander liegender, magnetischer Linien festgelegt, die sich dann strahlenförmig über einen grösseren Hafenabschnitt erstrecken (s. Fig.). — In solchen Fällen steht eine pyramidenförmige Zentralbake weiter innenlands, während die anderen, näher nach dem Hafen zu liegenden und in bestimmten Abständen neben einander errichteten, die verschiedenartigsten Toppzeichen tragen, damit sie sofort als zu der und der magnetischen Richtung gehörig erkannt werden können. Die Form der Baken, ihre Unterscheidungsmerkmale und die durch sie festgelegten magnetischen Linien sind auf den Seekarten der betreffenden Häfen bezw. in den Segelanweisungen genau verzeichnet. *von Niessen.*



Deviationsbestimmung, die Feststellung der Grösse der Deviation eines oder mehrerer Kompasse auf verschiedenen Kursen. Man unterscheidet eine terrestrische und eine astronomische Deviationsbestimmung. Erstere besteht darin, dass man das Schiff entweder durch einen Dampfer um eine Boje herumschleppen oder selbst innerhalb der durch Deviationsbaken festgelegten Linien Kreise laufen, bezw. bei nur einer solchen Linie auf verschiedenen Kursen durch diese hindurchdampfen lässt. Bei jedesmaligem Anliegen eines Striches der Kompassrose wird am Kompass die Richtung der Rose nach zwei korrespondirenden Deviationsbaken (s. d.) mittelst Peilung (s. d.) festgestellt und gleichzeitig die durch die betreffenden sich deckenden Baken angezeigte, magnetische Linie notirt. Der Winkelunterschied beider Richtungen gibt dann die Deviation für den anliegenden Strich.

In Häfen, in welchen keine Deviationsbaken zu finden sind, hilft man sich in der Weise, dass man von einem am Land aufgestellten, also nur vom Erdmagnetismus beeinflussten Kompass aus, den Schiffskompass und gleichzeitig von diesem aus jenen peilt. Erstere Peilung gibt

dann die genaue magnetische Linie. — Genannte Methode erfordert aber viel Uebung und Aufmerksamkeit und ist daher weniger zu empfehlen [1].

Bei astronomischer Deviationsbestimmung vertritt die Richtung der Sonne zu bestimmten Zeiten morgens und abends die durch Deviationsbaken festgelegten magnetischen Linien (Azimut- und Amplitudenberechnung) [1]. Neben dieser Art der Deviationsbestimmung gibt diejenige des Durchdampfens durch eine festgelegte magnetische Linie auf einem, jedesmal geänderten, Kurse die besten Resultate, erfordert aber viel Zeit. Die Deviationsbestimmung ist eine der wichtigsten Massnahmen der Schiffahrt. Je häufiger und genauer man sie vornimmt, desto präziser kann man navigiren. Vergl. [1], [2], [3].

Litteratur: [1] Handbuch der Navigation, herausgegeben vom hydrographischen Amt der kaiserlichen Marine, Berlin 1881. — [2] Die Deviationstheorie und ihre Anwendung in der Praxis von Rottok, Kapitänlieutenant, Berlin 1881. — [3] Traité théorique et pratique de la régulation et de la compensation des compas avec ou sans relèvements par A. Collet, lieutenant de vaisseau, Paris 1882. *von Niessen.*

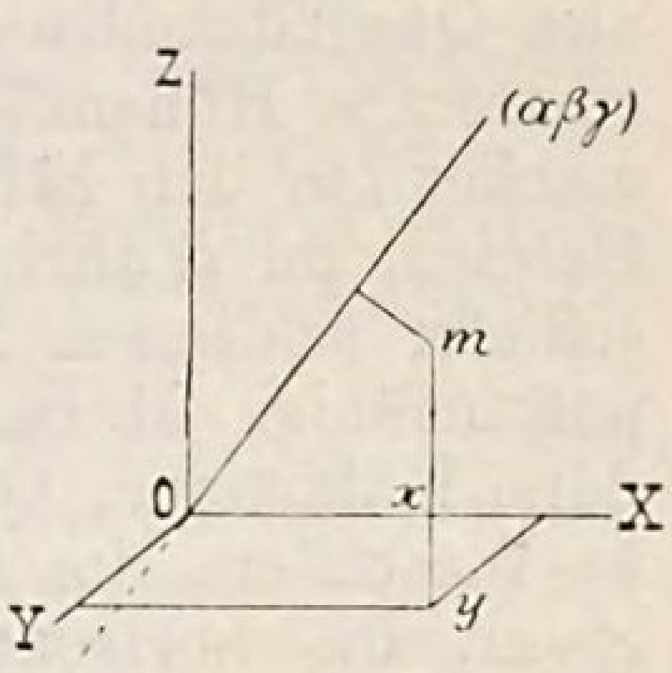
Deviationsbojen, Bojen, welche auf einer durch Deviationsbaken festgelegten, magnetischen Linie verankert, lediglich zur Deviationsbestimmung (s. d.) dienen. — Um eine grössere stumpfe Tonne von roter Farbe, an welcher das betreffende Schiff festmacht, sind vier kleinere, spitze, ebenfalls rot gestrichene Tonnen meist in den vier Kardinalstrichen verankert. Das Schiff bringt vom Heck aus Leinen auf diese kleinen Bojen nach einander und verholt sich an ihnen um die Mittelboje, wodurch der erforderliche Kreis beschrieben wird. Man bedient sich der kleinen Deviationsbojen nur dann, wenn man keines Dampfers zum Hereinschleppen habhaft werden kann. *von Niessen.*

Deviationsmomente. Das Trägheitsmoment (s. d.) J eines Massenpunktsystems ist für alle Axen des Massenmittelpunktes S bekannt, sobald seine Werte A, B, C für irgend drei zu einander senkrechte Axen dieses bekannt sind nebst drei anderen Grössen D, E, F, welche man die Deviationsmomente des Systems für die Axen nennt. Nimmt man drei solche Axen als Koordinatenaxen der x, y, z (s. Fig.) an und bildet mit ihnen irgend eine durch S gehende Axe die Winkel α, β, γ, so ist das Trägkeitsmoment J des Systems für diese Axe darstellbar unter der Form:

$$J = A \cos^2\alpha + B \cos^2\beta + C \cos^2\gamma - 2D \cos\beta \cos\gamma - 2E \cos\gamma \cos\alpha - 2F \cos\alpha \cos\beta.$$

Darin haben die Koefficienten die Bedeutung:

$$A = \Sigma m (y^2 + z^2), \quad B = \Sigma m (z^2 + x^2), \quad C = \Sigma m (x^2 + y^2),$$
$$D = \Sigma m y z, \quad E = \Sigma m z x, \quad F = \Sigma m x y.$$



Ein Deviationsmoment, z. B. $F = \Sigma mxy$ ist die Summe aller Produkte aus der Masse m eines Punktes des Systems und dem Rechteck, gebildet aus zweien seiner Koordinaten x, y. Je nach der Wahl der Koordinatenaxen sind diese Deviationsmomente positiv oder negativ, können aber auch für drei gewisse Axen, die Hauptträgheitsaxen, Null werden. Wählt man die Hauptaxen zu Koordinatenaxen, so wird mithin das Trägheitsmoment J durch die einfachere Form dargestellt:

$$J = A \cos^2\alpha + B \cos^2\beta + C \cos^2\gamma,$$

worin also A, B, C die Trägheitsmomente für die Hauptaxen oder die Hauptträgheitsmomente bedeuten.

Den Namen Deviationsmomente hat Rankine (A manual of applied mechanics, 4th edition, London 1878) gewählt. Eine ausführliche Theorie über die Deviationsmomente lieferte Hâton de la Goupillière (Mémoire sur une nouvelle théorie de la géométrie des masses, et sur celle des axes principaux d'inertie), Journal de l'école polytechnique, XXI, 37. cah., p. 35—96, Paris 1858. *Schell.*

Deviationstabelle. Eine tabellarische Zusammenstellung der für die sämtlichen Kompasse eines Schiffes festgestellten Deviationen. In der kaiserlich deutschen Marine sind bestimmte Formulare hierfür vorgeschrieben.

Devon, Devonformation, Devonperiode wird in der Geologie eine Schichtenreihe genannt, welche unter den ältesten oder palaeozoischen Formationen eine mittlere Stellung einnimmt und von der Silurformation unter- und von der Steinkohlenformation überlagert wird. Die Zeit der Ablagerung wird durch besonders charakteristische Tierreste bezeichnet, welche sich in ihrem Gesamt-

bild an diejenigen der Silurformation anschliessen aber eine höhere Entwicklung zeigen. Es sind in der marinen Ausbildung der Formation besonders Korallen, auch riffbildende, Brachiopoden, Muscheln und Schnecken, welche zu ausserordentlich hoher Bedeutung für die Lebewelt gelangen. Die eigenartigen Crustaceen, Trilobiten, vermindern sich im Devon bedeutend und gehen ihrem Ende entgegen. Ammonitenähnliche Cephalopoden treten an Stelle der Nautilusähnlichen. Am eigenartigsten unter der Tierwelt sind die gepanzerten Fische (Ganoiden). Unter den Pflanzen der Devonzeit zeigen sich die Anfänge der in der darüber folgenden Steinkohlenformation so ausserordentlich entwickelten Landpflanzen aus der Reihe der Gefässkryptogamen. In Bezug auf die Art der Entstehung der Schichten unterscheidet man eine marine und eine Süsswasser-Entwicklung, je nachdem die Gesteine und die von ihnen eingeschlossenen Reste von Organismen im Meer (Salzwasser) oder im Süsswasser, bezw. am Land entstanden sind oder gelebt haben. Die marine Entwicklung ist wesentlich auf dem europäischen Festland (auch wohl in England) verbreitet und zeigt ähnliche Gesteine wie die Silurformation, vorwiegend also Thonschiefer, Grauwacken, Quarzite, Kalksteine. In der im süssen Wasser (Seen) gebildeten Schichtenreihe, welche vorwiegend in England auftritt, bilden rote Sandsteine mit Uebergängen in Grauwacken und Konglomerate die Hauptgesteine. Als Zeugen eruptiver Thätigkeit treten Porphyre und Diabase, Pikrite u. s. w. nebst ihren Tuffen, sowohl als Ergüsse wie auch als gangartige Ausfüllungen in den Schichten des Devon auf. Die Lagerung derselben ist in Zentraleuropa durchgängig eine gestörte; überall sind die Schichten durch Seitendruck gefaltet, zerquetscht, aufgerichtet und steil gestellt, verworfen, kurz, in ausserordentlich reichem Masse in ihrer Lagerung gestört. Solchen Störungsvorgängen wurden die Devonschichten in mehreren Perioden unterworfen, zuerst und in grösstem Masse vor der Ablagerung der Steinkohlenformation. Im nördlichen und mittleren Russland dagegen finden sich die Schichten noch vielfach in ihrer ursprünglich horizontalen Lage. Man gliedert die Devonformation in drei Abteilungen: 1. Unter-Devon, zumeist Quarzite, Grauwacken und Thonschiefer, seltener Konglomerate, von grosser Verbreitung zu beiden Seiten des Rheinthales, unterhalb Bingen, im Harz, Böhmen, Fichtelgebirge. Hier herrschen die Thonschiefer (Hunsrückschiefer) an Mächtigkeit vor; sie schliessen stellenweise Dachschieferlagen ein. Quarzite und Quarzitsandsteine (Taunusquarzit) bilden die tiefsten Schichten und langgestreckte Höhenzüge. 2. Mittel-Devon, vorwiegend Thonschiefer und Grauwacken, in den höheren Schichten Kalksteine und Schalsteine; in der Eifel, in Belgien, im südlichen Westfalen. Die in grosser Verbreitung auftretenden Thonschiefer schliessen Dachschieferlagen (Westfalen) ein. Die Kalksteine gehen in politurfähige Marmore (Nassau) über. 3. Ober-Devon, meist Thonschiefer, dann Kalksteine, Quarzite und Grauwacken, vornehmlich in Belgien, bei Aachen, in Westfalen, im Harz, Fichtelgebirg u. s. w. Die Verbreitung ist ziemlich gross, die horizontale Ausdehnung jedoch klein im Verhältnis zu den beiden vorhergehenden Abteilungen. Die an Schalsteinschichten reichen Abteilungen führen oft Erze, besonders Eisenerze (Nassau, Westfalen, Harz) und Phosphorit. Ausserdem ist das Devon reich an Gängen von Zinnerz, Kupferkies, Bleiglanz u. s. w. Steinkohlen fehlen in der Formation nahezu gänzlich.

Litteratur: v. Gümbel, Grundzüge der Geologie, Kassel 1888. — Credner, Elemente der Geologie, 7. Aufl., Leipzig 1891. — Neumayr, M., Erdgeschichte, 2. Aufl., Leipzig 1886. *Leppla.*

Dewrances Metall, s. Lagermetall und Zinnlegirungen.

Dexel, s. v. w. Texel (s. d.).

Dextrin (Stärkegummi, Dampf- oder Röstgummi, Gommelin, Leiokom). Mit diesem Namen bezeichnet man eine dem arabischen Gummi ähnliche Masse, welche chemisch ein Gemenge von Substanzen derselben empirischen Zusammensetzung $C_6H_{10}O_5$ und unbekannter Molekulargrösse darstellt und aus Stärke durch Erhitzen für sich oder mit verdünnten Säuren oder durch Einwirkung von Diastase entsteht. In reinem Zustand ist das Dextrin farblos; gewöhnlich aber bildet es amorphe, gelblich gefärbte Stücke von muscheligem Bruch, welche sich zu einem gelblichen Pulver zerreiben lassen.

In Wasser löst es sich leicht zu einer dickflüssigen, klebenden Flüssigkeit; in Alkohol ist es unlöslich, etwas löslich in schwachem Weingeist. Die wässerige Lösung dreht die Ebene des polarisirten Lichtstrahls stark nach rechts ($[\alpha] = + 138{,}5^0$); daher auch sein Name.

In chemischer Beziehung ist nach den neuesten Untersuchungen das Dextrin als ein Gemenge von Polysacchariden von aldehydartiger Natur aufzufassen. Denn es bildet mit Phenylhydrazin einen weissen amorphen Körper, welcher mit rauchender Salzsäure das Phenylhydrazin wieder abspaltet; es wird beim Erhitzen mit Kalilauge gelb bis braun gefärbt, reduzirt Fehling'sche Lösung, wird durch nascirenden Wasserstoff reduzirt und durch Bromwasser zu einem Produkt von saurem Charakter oxydirt. Es ist nicht direkt gärungsfähig, wird jedoch bei langer Dauer des Gärungsprozesses durch Nachwirkungen der Diastase wahrscheinlich in eine Zuckerart umgewandelt, welche durch Hefe vergärt wird. Durch Einwirkung verdünnter Säuren entsteht Dextrose (s. d.). Ueber die Natur der unter Einhaltung bestimmter Versuchsbedingungen aus der Stärke entstehenden Dextrinarten, sowie über den Reaktionsmechanismus ihrer Bildung sind die Ansichten geteilt. Es genügt daher hier, mitzuteilen, dass einzelne Autoren das Achroodextrin (s. d.), Amylodextrin (s. d.), Erythrodextrin und Maltodextrin als gesonderte chemische Individuen auffassen.

Da das Dextrin eine ausgedehnte technische Verwendung findet, so wird es im grossen dargestellt und existiren hierfür eine Reihe von Verfahren (s. D e x t r i n f a b r i k a t i o n). — Die Spaltung der Stärke durch Diastase, die sogen. Verzuckerung der Stärke, wobei neben Dextrin M a l t o s e gebildet wird, verläuft bekanntlich in dem sogen. Maischprozess der Bierbrauerei und Branntweinbrennerei. Das Dextrin ist daher ein Bestandteil des Bieres und ebenso der Obstweine; auf seiner Entstehung beruht die Krustenbildung des Gebäcks beim Backen. — Das Dextrin findet Verwendung als Verdickungsmittel in der Zeugdruckerei, zum Appretiren und Steifen der Zeuge, beim Tapetendruck, zum Glasiren des Papieres, als Mundleim und bei der Herstellung von feinerem Backwerk (s. auch D i a s t a s e, F e r m e n t e und G ä r u n g).

Litteratur: Tollens, Handbuch der Kohlenhydrate, Breslau 1888, S. 173—178, 187—189. — Beilstein, Handbuch der organischen Chemie, 3. Aufl., Hamburg u. Leipzig 1893, S. 1088 bis 1092. — F. Fischer, Handbuch der chemischen Technologie, Leipzig 1893, S. 845. *W. Kerp.*

Dextrinfabrikation. Das D e x t r i n wird durch chemische Umwandlung der Stärke (s. D e x t r i n) erhalten. Ausser der billigen und sehr geeigneten Kartoffelstärke wird auch Weizenstärke verwendet. Im grossen werden besonders zwei Vorgänge für die Herstellung von Dextrin angewendet: 1. Die Erhitzung der trockenen Stärke auf 225—260⁰ C. und 2. die Erhitzung der Stärke mit sehr geringen Mengen einer Säure in trockenem oder nassem Zustande. Das nach dem ersten Verfahren erhaltene Dextrin ist gelb bis braun und führt die Namen R ö s t g u m m i, k ü n s t l i c h e s G u m m i, L e i o k o m, L e i o g o m m e, G o m m e l i n oder g e b r a n n t e S t ä r k e. Nach dem zweiten Verfahren erhält man dagegen ein ganz weisses Dextrin, welches im Aussehen bei Betrachtung mit dem unbewaffneten Auge von Stärke kaum zu unterscheiden ist.

Ausser diesen zwei Erzeugungsarten war früher noch eine dritte in Gebrauch, welche aber gegenwärtig kaum noch von Bedeutung ist, nämlich die Einwirkung von Malz auf Stärke. Bei diesem Vorgange entsteht neben Dextrin auch Maltose, von welcher das fertige Erzeugnis 30—50 % des Trockengewichts enthält. Das Malzverfahren liefert eine Lösung, die beim Eindampfen einen dicken Seim, den sogen. Dextrinsirup, gibt.

Um das mehlartige Dextrin, wenn es als Ersatz des arabischen Gummis dienen soll, diesem ähnlich zu machen, wird es manchmal entweder mit möglichst wenig Wasser zu einem steifen Teige angerührt, in dünner Schichte bei 100—150⁰ C. getrocknet und in Stücke gebrochen, oder man setzt es einem Dampfstrahle aus, wodurch es zu durchsichtigen Stücken zusammenklebt, die gleichfalls getrocknet und zerbrochen werden. In den letzten Jahren hat sich infolge des grossen Mangels an arabischem Gummi das Bestreben geltend gemacht, ein sehr reines Dextrin darzustellen, das auch die reinsten Sorten des arabischen Gummis zu ersetzen vermag. Es wurde hierzu hauptsächlich das Kochen von Stärke mit sehr verdünnten Mineralsäuren unter Druck, Entfärben und Eindampfen der Lösung vorgeschlagen. Ein derartiges Dextrin, das in Form von glänzenden, weissen, hell- oder dunkelgelben, scharfkantigen Brocken in den Handel kommt, wird auch als K r i s t a l l g u m m i bezeichnet.

1. Darstellung von Dextrin durch Erhitzen von Stärke. Die gut zu trocknende Stärke liefert um so helleres Dextrin, je niedriger die Wärme beim Rösten in den verschiedenen Oefen ist. In dem von Payen [1] angegebenen Ofen befand sich die Stärke auf über einander stehenden

Blechhürden, welche in einer Kammer durch heisse Luft erwärmt wurden. In England und Amerika benützt man am häufigsten sich langsam drehende Cylinder aus Eisenblech von etwa 3 m Länge und 3 dm Durchmesser, die ähnlich wie Gasretorten in schwach geneigter Lage in einer gemeinsamen Feuerung liegen und ununterbrochen betrieben werden, indem die Stärke oben einfällt und ein- oder zweimal durch einen Cylinder durchgeht. Blumenthal (D. R. P. v. 27. Febr. 1880, 10593) benützt einen runden gemauerten Ofen mit zwei oder mehreren Feuerungen, deren Züge schraubenförmig nach der Mitte des Ofens gehen und hier senkrecht in den Rauchfang münden. Dadurch wird die Ofensohle (eine polirte Granit- oder Marmorplatte, die über diesen Zügen liegt) am Umfange stärker erwärmt als in der Mitte. Die Stärke wird in der Mitte ununterbrochen eingebracht und durch eine Bewegungsvorrichtung gegen den Umfang geführt, wo sie durch eine Oeffnung herausfällt. Um mit grösserer Sicherheit den richtigen Wärmegrad einhalten zu können, verwendet man in Deutschland gegenwärtig häufig Oelbäder oder gespannten Wasserdampf. Es werden hierzu meistens dieselben Apparate verwendet, die auch zur Erhitzung von angesäuerter Stärke dienen (s. unter 2.). Kartoffelstärke wird vor dem Rösten zum Teil zu Kleister gekocht und mit so viel unveränderter Stärke geknetet, dass ein fester Teig entsteht. Dieser wird in Stücke von etwa 8 · 5 · 5 cm Ausmass geschnitten, welche erst an der Luft, dann bei 40° C. getrocknet und schliesslich gedarrt werden. Zur Herstellung des Kleisters werden nach Rey [2] 20 kg Stärke mit 25 l Wasser angerührt und in eine siedende Lösung von 0,5 kg Alaun in 40 l Wasser gegossen. Das Kneten des Teiges wird durch steinerne Walzen besorgt. Bei Weizenstärke ist diese Zurichtung nicht erforderlich, da die stengeligen Stücke derselben beim Rösten nicht zerfallen.

2. Darstellung von Dextrin unter Mithilfe von Säuren. Dieses Verfahren wird in der ältesten Form, in welcher es 1841 von den Dextrinfabrikanten Gebr. Heuzé in Petite Vilette bei Paris erfunden wurde, in der Weise ausgeführt, dass Stärke mit etwa 0,002—0,01 Gewichtsteilen der stark verdünnten Säure zu einem feuchten Pulver angerührt, getrocknet und auf 100—125° C. erhitzt wird. Die Gebr. Heuzé [3] benützen Salpetersäure, Pinel [4] ein Gemenge dieser mit Salzsäure, St. Etienne [5] und Thomas [5], [6] bloss Salzsäure. Schwefelsäure eignet sich für diese Form des Verfahrens nicht, da das mit ihrer Hilfe erhaltene Erzeugnis an der Luft Feuchtigkeit anzieht. Von sonstigen Säuren wurde noch 1858 von Pochin und Wooley [8] in Manchester Milchsäure in Form von Buttermilch oder saurer Milch vorgeschlagen und angewendet. Ueber den Vorgang der Dextrinbildung durch Salpetersäure hat Petit [7] Untersuchungen angestellt. Darnach bleiben von 1000 Teilen Stärke bei Anwendung von 0,2%, 0,3% und 0,5% Salpetersäure 3 Teile, 2 Teile und 1 Teil unverändert, während bei Anwendung von 0,8% und darüber nur Spuren von Stärke unverändert bleiben. Das Reduktionsvermögen des erhaltenen Dextrins nimmt bei gleichbleibender Säuremenge mit der Dauer der Erhitzung ab, bei gleichbleibender Erhitzungsdauer mit der Säuremenge zu. Eine zweite Form des Säure-Verfahrens ist die Einwirkung gasförmiger Säuren auf trockene Stärke bei gewöhnlichem oder erhöhtem Druck. Ch. O. Neille [9] hat 1859 hierzu Salzsäure, F. M. Bachet und F. M. Savalle [10] in Paris (D. R. P. Nr. 1837) Kohlensäure und A. H. J. Bergé [11] (D. R. P. Nr. 55868) schwefelige Säure vorgeschlagen. Endlich kann man die Säuren auch in wässeriger Lösung auf Stärkemilch einwirken lassen; doch muss man in diesem Falle dafür sorgen, dass keine Zuckerbildung eintritt. Es kann entweder Oxalsäure (Verfahren von Ficinus) [12] oder Schwefelsäure (Verfahren von T. A. Hoffmann) [13] verwendet werden. Auf jeden Fall hat man den Nachteil der Eindampfungskosten und der Notwendigkeit einer nachträglichen Abstumpfung der Säure, um der Zuckerbildung beim Eindampfen vorzubeugen. Da jedoch das erhaltene Dextrin sehr rein ist, so ist dieses Verfahren neuererzeit wieder, in entsprechender Ausbildung von Schumann [14] (D. R. P. 41931, 43146 und 43772) zur Darstellung eines dem arabischen Gummi sehr ähnlichen Dextrins verwendet worden. Von allen diesen Verfahren wird am häufigsten das zuerstgenannte und zwar meist unter Anwendung von Salpetersäure ausgeführt. Blumenthal verwendet zum Mischen mit der Säure eine Vorrichtung (D. R. P. Nr. 11920), die aus einem cylindrischen Mantel besteht, in welchem die eintretende Stärke durch ein Rührwerk zerstäubt und in welchen gleichzeitig durch ein Strahlgebläse ein Säurenebel zugeführt wird. Die Mischung ist innig, die erhaltene Stärke ohne vorheriges Trocknen zur Röstung verwendbar. Zur Ansäuerung feuchter Stärke hat W. H. Uhland [15] in Leipzig-Gohlis eine ähnliche Vorrichtung hergestellt, durch welche die Stärke in feine Flocken zerteilt wird, die in einem Schacht herabfallen, in welchen ein Säurenebel eingeblasen wird. Die herabgefallene Stärke wird noch einmal durch eine kräftige Mischmaschine getrieben und dann in die Trockenkammer gebracht. Das Rösten geschieht in England und Amerika meistens noch in den obenbeschriebenen schrägliegenden Rösttrommeln für ununterbrochenen Betrieb, in Deutschland dagegen ausschliesslich in Röstpfannen, welche entweder mit gespannten Wasserdämpfen [16] oder im Oelbad geheizt

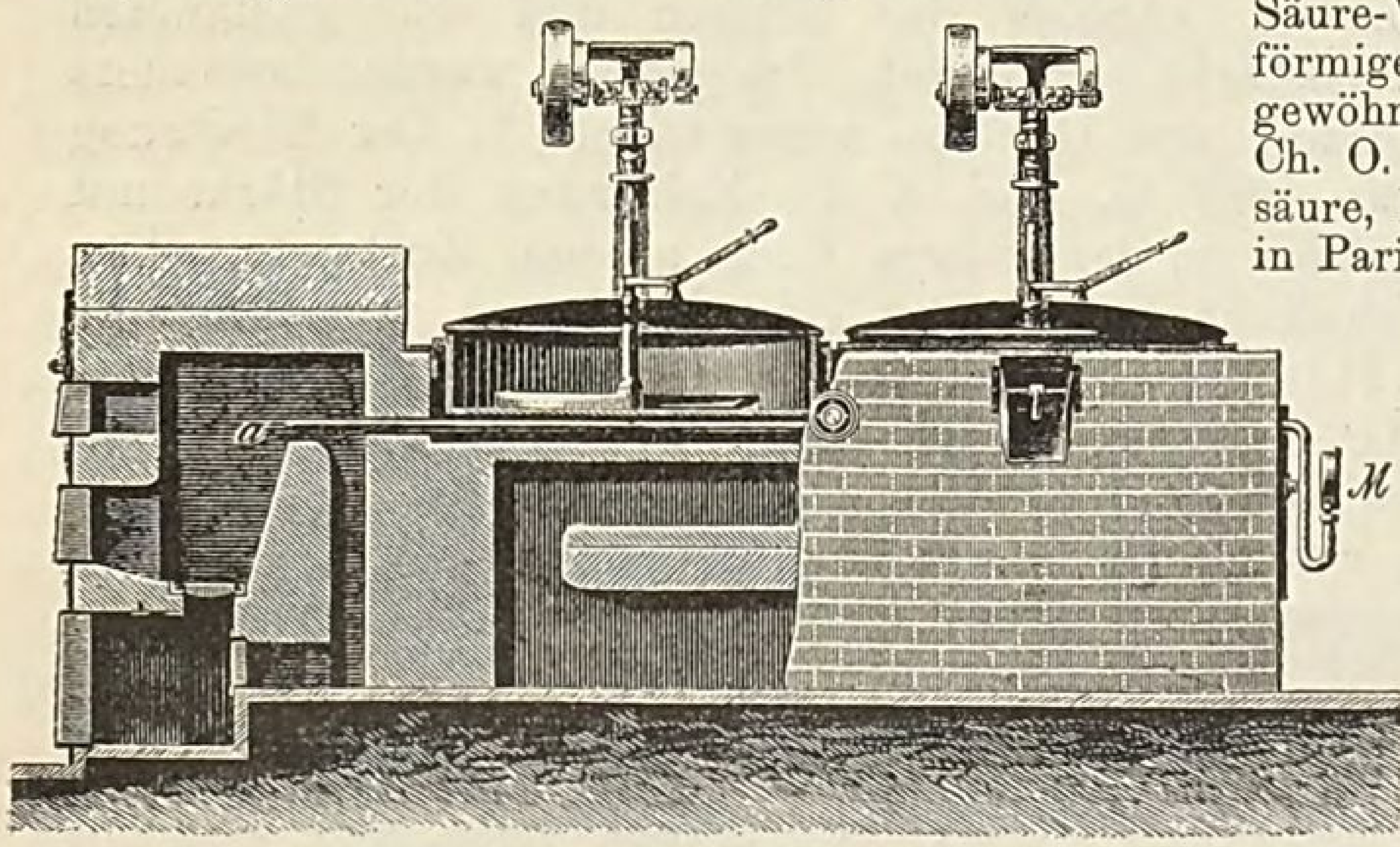


Fig. 1.

werden und mit Rührwerk versehen sind. Fig. 1 zeigt die erste Art der Heizung bei der Röstpfanne von R. Lehmann [16], ausgeführt von W. Angele in Berlin. Es sind zwei innen ausgedrehte Pfannen über einer Feuerung angebracht. Jede ist mit einem Rührwerk versehen, das leicht ausgerückt und ausgehoben werden kann und das beim Rechtsdrehen die Mischung, beim Linksdrehen die Entleerung des Röstgutes durch eine seitliche Oeffnung bewirkt. Die Pfannen sind mit einem zweiteiligen Deckel geschlossen, der eine Oeffnung zum Probeziehen besitzt und liegen auf einem dichten Rost von schmiedeeisernen, zugeschweissten, mit Wasser gefüllten Rohren, die mit ihren vorderen Enden *a* im Feuer stecken und auf einen Druck von 300 Atmosphären geprüft sind. Im Betriebe werden sie höchstens bis auf 80 Atm. beansprucht. Eines derselben trägt ein Manometer *M*. — Fig. 2 u. 2 a stellt die zweite Art der Heizung an einer Röstpfanne von W. H. Uhland [15] in Leipzig-Gohlis dar. Die gusseiserne, innen ausgedrehte Röstpfanne *R* ist in eine zweite *Z* eingesetzt und der Zwischenraum beider mit Oel gefüllt, das bei *h* abgelassen werden kann. Das Rührwerk mischt oder entleert (bei *a*), je nachdem es vor- oder rückwärts geht, und lässt sich ausrücken und ausheben. Der zweiteilige Deckel kann ebenfalls gehoben werden. Die Dunstrohre *D* führen die sich entwickelnden Dämpfe ins Freie oder in eine Staubkammer. Die Einwirkung des Feuers auf den Heizkessel kann durch einen Schieber oder eine Klappe geregelt oder auch ganz aufgehoben werden. Die Pfannen werden entweder einzeln oder meist zu zweien über einer Feuerung angebracht. Die noch heisse Stärke wird gewöhnlich auf Platten zum Auskühlen ausgebreitet, wobei sie jedoch leicht nachdunkelt. Besser ist daher die Anwendung einer besonderen Kühlvorrichtung. Fig. 3 zeigt bei *K* einen solchen Kühler von Uhland und im ganzen die Anlage einer Dextrinfabrik nach Uhland'schem System. Der Kühler besteht aus zwei (oder mehr) grossen flachen Pfannen, die mit einem langsam umlaufenden Rührwerk versehen sind, welches das Dextrin auf der oberen Pfanne von aussen nach innen, auf der unteren umgekehrt bewegt. In der Zeichnung stellt *R* den Röstraum, *H* den Heizraum, *K* den Kühlraum, *V* den Vorbereitungsraum, *T* den Trockenraum und *M* den Speicher dar. Die Absonderung des Heizraums hat den Vorteil grosser

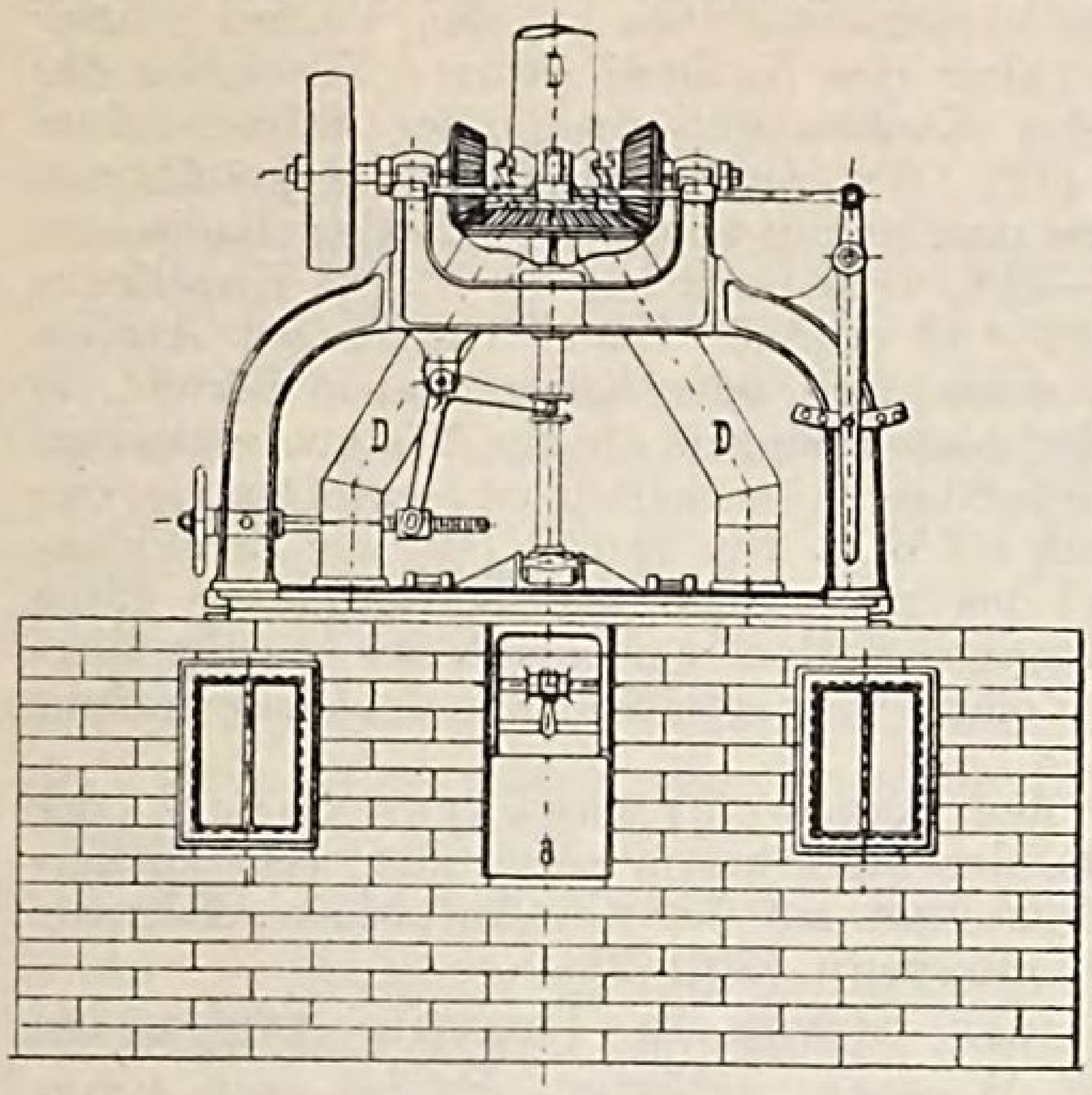


Fig. 2.

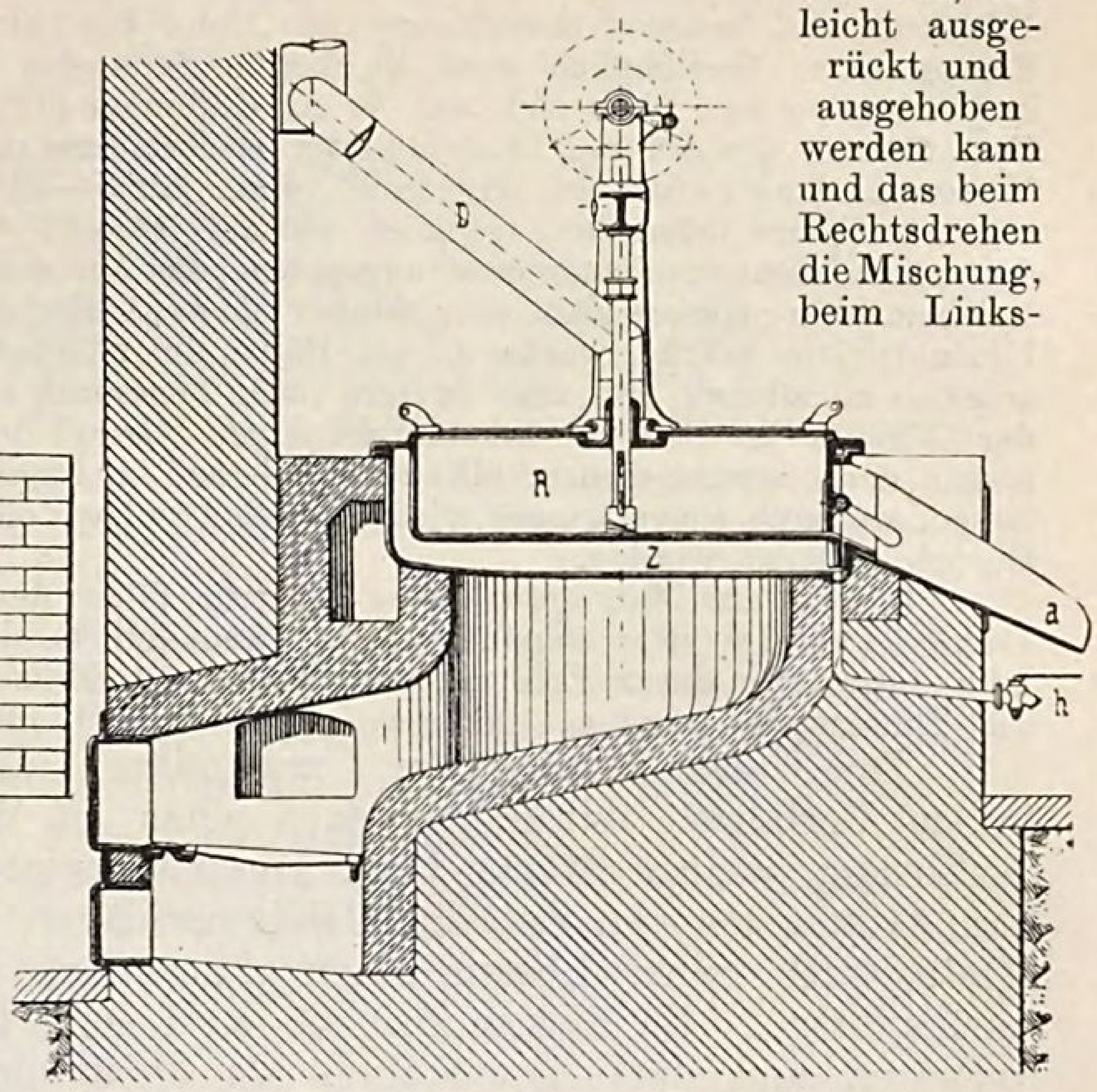


Fig. 2 a.

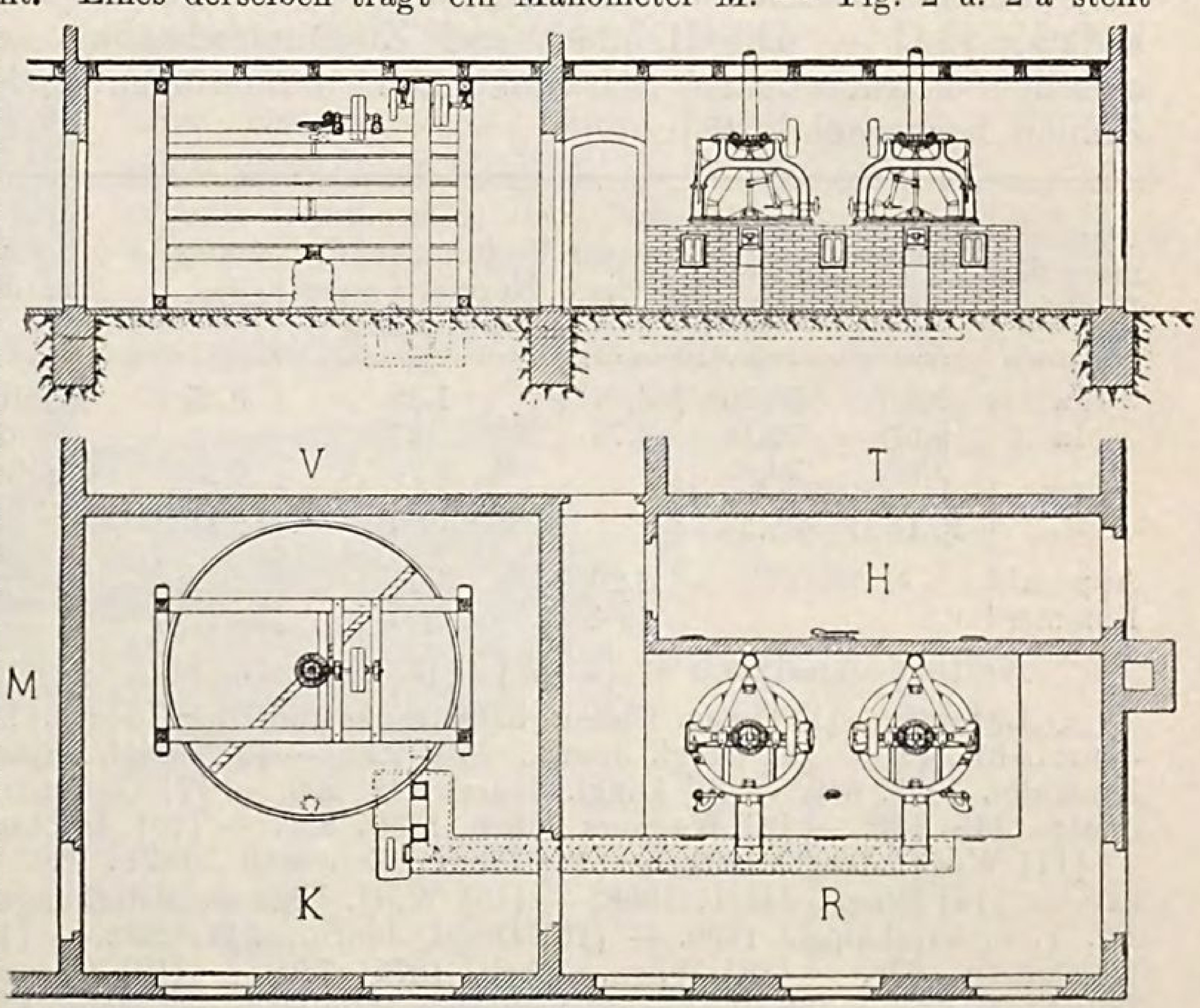


Fig. 3.

Reinlichkeit. Das fertige Dextrin wird durch eine Schnecke und ein Hebewerk auf den Kühler gebracht. Eine ältere, minder vollkommene Röstpfanne mit Oelbadheizung ist von F. Schmidt in Halle a. S. ausgeführt worden [17]. — Getreidekörner, Mehl oder Kartoffelknollen werden ebenfalls zur Darstellung von Dextrin mittelst Säuren verwendet. Dies hat den Vorteil grosser Billigkeit und besserer Ausnützung des Rohstoffes, aber den Nachteil grosser Unreinheit des Erzeugnisses. Gewöhnlich wird in diesem Falle das Kochen mit verdünnter Schwefelsäure empfohlen, so von Rehe und von T. A. Hoffmann [13]. Fr. Anthon [18] hat vorgeschlagen, Kartoffeln in der Art auf Dextrin zu verarbeiten, dass man sie mit angesäuertem oder alkalischem Wasser auslaugt, trocknet, fein mahlt, dann mit 5—10 % vom Gewichte der Stärke Kieselfluorwasserstoffsäure befeuchtet, trocknet und auf 100—125° C. erhitzt. Zum Erhitzen hat Anthon den sogen. Dextrinzellenapparat angegeben, der aus einem Oel- oder Salzlaugenbad besteht, in welchem eine grössere Zahl sehr dünner (25 mm) Blechkästen hängen, die das Röstgut enthalten. Um auch jene Stärke, welche in der Pülpe der Stärkefabriken enthalten ist, auf Dextrin verarbeiten zu können, soll man letztere nach Fliessbach (D. R. P. Nr. 29025) [19] zur Zerstörung der Cellulose in Gruben mit durchlässigem Grund bis zum Ende der Betriebsdauer gären lassen, dann herausnehmen, lüften und hierauf im teigigen Zustande nochmals der Gärung überlassen, wodurch sie essigsauer wird. Durch Trocknen oder Durcharbeiten kann der unangenehme Geruch entfernt werden.

3. Das aus Malz gewonnene Dextrin führt den Namen unwägbarer Sirup oder Dextrinsirup (sirop impondérable). Besonders in der Bierbrauerei verwendet, sehr zuckerhaltig, wurde er durch Erhitzen von Stärke mit Malzschrot auf 75° C., Aufkochen, Filtriren und Eindampfen erhalten. Näheres in grösseren Handbüchern [20], [21].

Die Ueberwachung der Umwandlung der Stärke in Dextrin erfolgt bei jedem Verfahren durch Versetzen einer in Wasser gelösten Probe mit einer Jodlösung, welche Stärke blau, Dextrin weinrot färbt. Jenes Dextrin, welches zum Gummiren von Zetteln, Briefumschlägen u. dergl. bestimmt ist, soll beim Eintrocknen seiner Lösung einen glänzenden, weichen, nicht brüchigen Ueberzug zurücklassen. Zu diesem Zwecke wird seine Lösung mit verschiedenen Zusätzen versehen und dann gewöhnlich als Dextrinleim bezeichnet. Vorschriften zur Herstellung eines solchen sind z. B. 400 g Dextrin, 600 g kaltes Wasser, 10 g Traubenzucker, 20 g Glycerin auf 90° C. erhitzt; oder 400 g Dextrin mit 400 g Wasser angerührt, mit 200 g Wasser verdünnt, mit 20 g Traubenzucker und 10 g Aluminiumsulfat versetzt und auf 90° C. erhitzt [22]. Andere Vorschriften s. [23], [24]. — Die Reinheit und Zusammensetzung des Handelsdextrins ist ziemlich beträchtlichen Schwankungen unterworfen, wie aus den folgenden Zahlen hervorgeht [25]:

Bezeichnung des Dextrins	Wasser %	Löslich bei 15° C. %	Zucker %	Säure. Verbrauchte *C.C.* Normal-Lauge auf 100 g	Asche %	Bemerkungen. Art der vorhandenen Säure
Ia	9,44	70,20	3,64	1,29	0,35	gelblichweiss; Salpetersäure
Ia	9,65	70,15	4,75	1,27		weiss; Salpetersäure
	9,82	59,05		2,20	0,28	sammtartig, gelb; Salpetersäure
	15,13	35,55		4,00	2,36	körnig; Salpetersäure, Schwefelsäure, Chlor, viel Magnesia
Apparat			2,29	3,00		gelb; Salpetersäure
Kammer			3,54	2,00		„ „

Aeltere Analysen s. [20], [21].

Litteratur: [1] Payen, Chimie industrielle und Dingl. Journ. 115, 219. — [2] Rey, Dingl. Journ., 67, 49. — [3] Dingl. Journ., 115, 220. — [4] Dingl. Journ., 99, 295. — [5] Pharm. Zentralbl. 1847, 649. — [6] Dingl. Journ. 102, 229. — [7] Compt. rend., 114, 46. — [8] Dingl. Journ., 149, 145. — [9] Wagners Jahrb. 1859, 330. — [10] Jacobsen, Repertor. 1878, I, 300. — [11] Wagn. Jahrb. 1891. — [12] Pharm. Zentralbl., 1871, 220. — [13] Dingl. Journ., 149, 320. — [14] Wagn. Jahrb. 1888. — [15] W. H. Uhland, Mitteilungen für die ges. Stärke.-Ind., Bd. 1, S. 56, Leipzig 1890. — [16] Dingl. Journ., 243, 220. — [17] L. v. Wägner, Stärkefabrikation, 673. — [18] Wagn. Jahrb. 1875, 770. — [19] Chemische Industrie, 7, 395. — [20] Stohmann und Kerl, Encyklopädisches Handbuch der techn. Chemie, Bd. 2. — [21] L. v. Wägner, Die Stärke-, Dextrin- und Traubenzuckerfabrikation Braunschweig. — [22] Dietrich, Pharm. Zentralhalle 1887, 271, Industrieblätter 1887, 173, Jacobsens Repertor. 1887. — [23] Helfenberger, Pharm. Zeitg., Berlin 1887, Bd. 49, S. 5, Jacobsens Repertor. 1886. — [24] Bayer. Industrie- u. Gewerbebl., 49 (1887) 30. — [25] Reinke, Zeitschr. für Spirit.-Ind. 1892, 144.

F. Reinitzer.

Dextrinsirup, s. Dextrinfabrikation u. Stärkezuckerfabrikation.

Dextrose, ältere Bezeichnung für den Traubenzucker, durch welche derselbe als rechtsdrehend von dem linksdrehenden Fruchtzucker, der

Lävulose, unterschieden wurde. Heute ist dieser Name nur noch wenig üblich, indem man den Zucker entweder als Traubenzucker oder nach dem Vorschlage von E. Fischer [1] systematisch mit d-Glukose bezeichnet. (S. d-Glukose unter Kohlehydrate.

Litteratur: [1] Fischer, Berichte d. deutschen chem. Gesellschaft 23, 371. *W. Kerp.*

Dezimalbruch, s. Bruch.

Dezimalsystem, Zahlensystem mit der Grundzahl 10. In der Technik bezeichnet man mit Dezimalsystem diejenige Einteilungsart der Münzen, Masse und Gewichte, bei welcher jede höhere Einheit das Zehnfache der niedrigeren Einheit ist. Ursprünglich wurde der Regel nach, von der Grundeinheit ausgehend. das Zehnfache durch die Vorsilbe Deka-, das Hundertfache durch die Vorsilbe Hekto-, das Tausendfache durch die Vorsilbe Kilo-, das Zehntausendfache durch die Vorsilbe Myria- bezeichnet. Ein Zehntel der Grundeinheit wurde angedeutet durch die Vorsilbe Dezi-, ein Hundertstel durch die Vorsilbe Centi-, ein Tausendstel durch die Vorsilbe Milli-. In der Praxis ist diese Anordnung niemals systematisch durchgeführt worden, sondern man hat je nach Bedarf bald eine, bald auch mehrere Einheiten übersprungen, z. B. nur Kilogramm — Gramm — Milligramm etc. beibehalten. Als Grund für diese Abweichung mag das Bestreben gelten, möglichst wenige Einheiten und Bezeichnungen zu haben, da die grosse Menge sich doch nur wenige zu eigen macht.

Die Nachteile des Dezimalsystems liegen in der geringen Teilbarkeit seiner Einheit, die sich nur in 2 · 5 zerlegen lässt. Sein Hauptvorzug ist die Uebereinstimmung mit dem dekadischen Zahlensystem. Mit Leichtigkeit hat sich daher das Dezimalsystem fast auf allen Gebieten des Messwesens eingebürgert und nur in der Zeit- und Winkelmessung ist es beim alten Duodezimalmass verblieben. Aber auch für die Einteilung des Kreises in 400 Grade, also des Quadranten in 100 Teile macht sich neuerdings wieder, namentlich in den Kreisen der Astronomen und Geodäten, eine starke Agitation bemerkbar. *F. Plato.*

Dezimalwage, Quintenz'sche oder Strassburger Brückenwage, jenes zur Ausführung von Gewichtsvergleichungen bestimmte mechanische Instrument [1], dessen Lastschale in zwei oder mehreren Axen gestützt wird, welche nicht in ein und derselben Geraden liegen. Bei jeder gut gebauten Dezimal- oder Brückenwage muss die Wagschale, Tafel oder Brücke HH (Fig. 1) so geführt sein, dass irgend eine mit ihr fest verbunden gedachte Horizontalebene AA ihrer Anfangslage nahezu parallel bleibt, wenn die Wage um ihre Gleichgewichtslage kleine Schwingungen macht; ferner muss das Wägeresultat von der zufälligen Lage des Körpers auf der Brücke unabhängig sein. Die Brücke AA ist mit

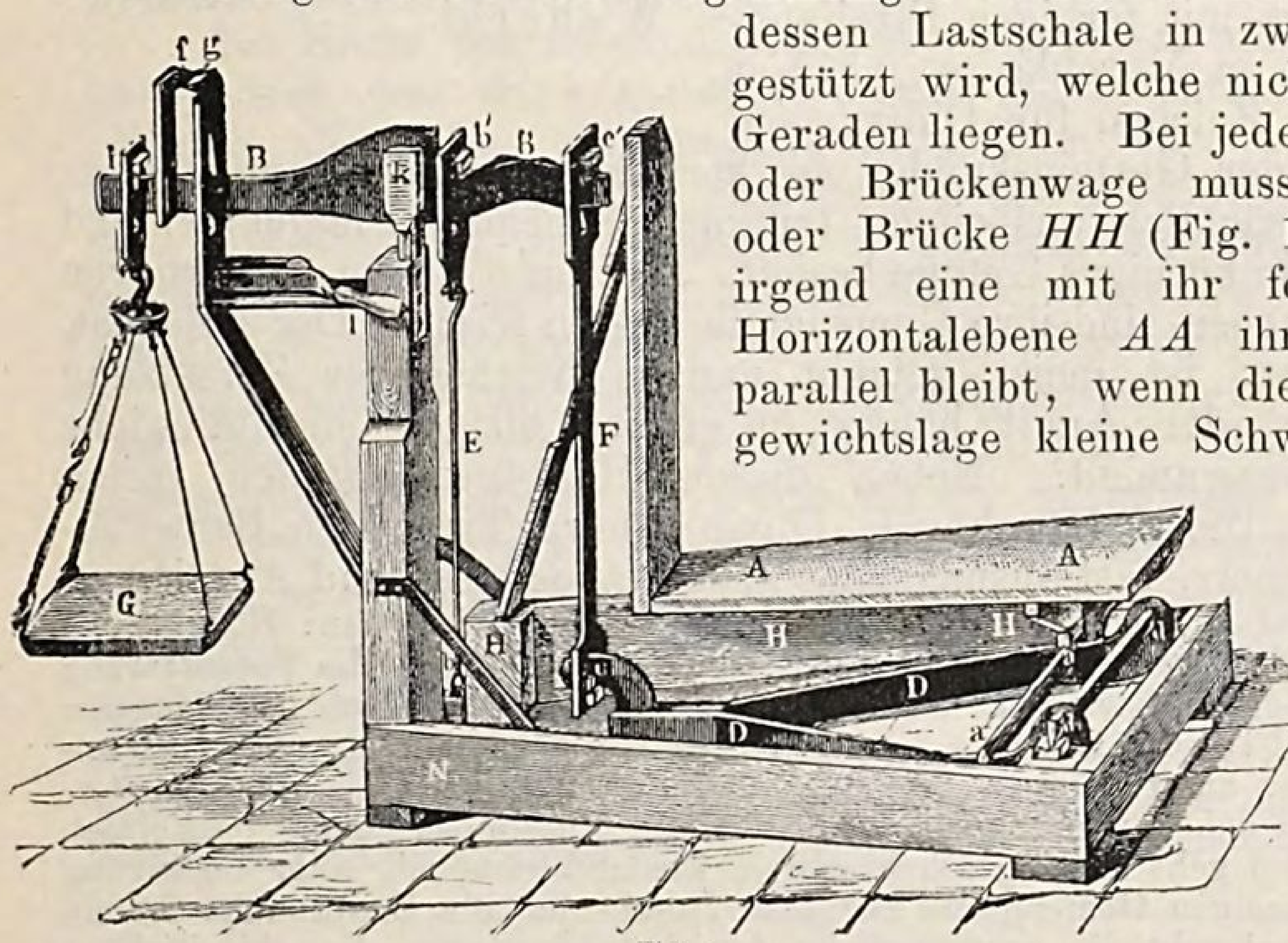


Fig. 1.

dem hölzernen Rahmen HH fest verbunden, der durch die Schneiden aa und die Zugstangen E und F seine Wirkung auf den Wagebalken BB überträgt, welcher um den festen Drehpunkt K schwingt und durch Vermittelung der Schneide i die Wagschale G trägt. Zur Ausgleichung etwaiger Störungen des Gleichgewichtes im Hebelmechanismus der Wage selbst dient die kleine, unmittelbar unter i angebrachte Schale.

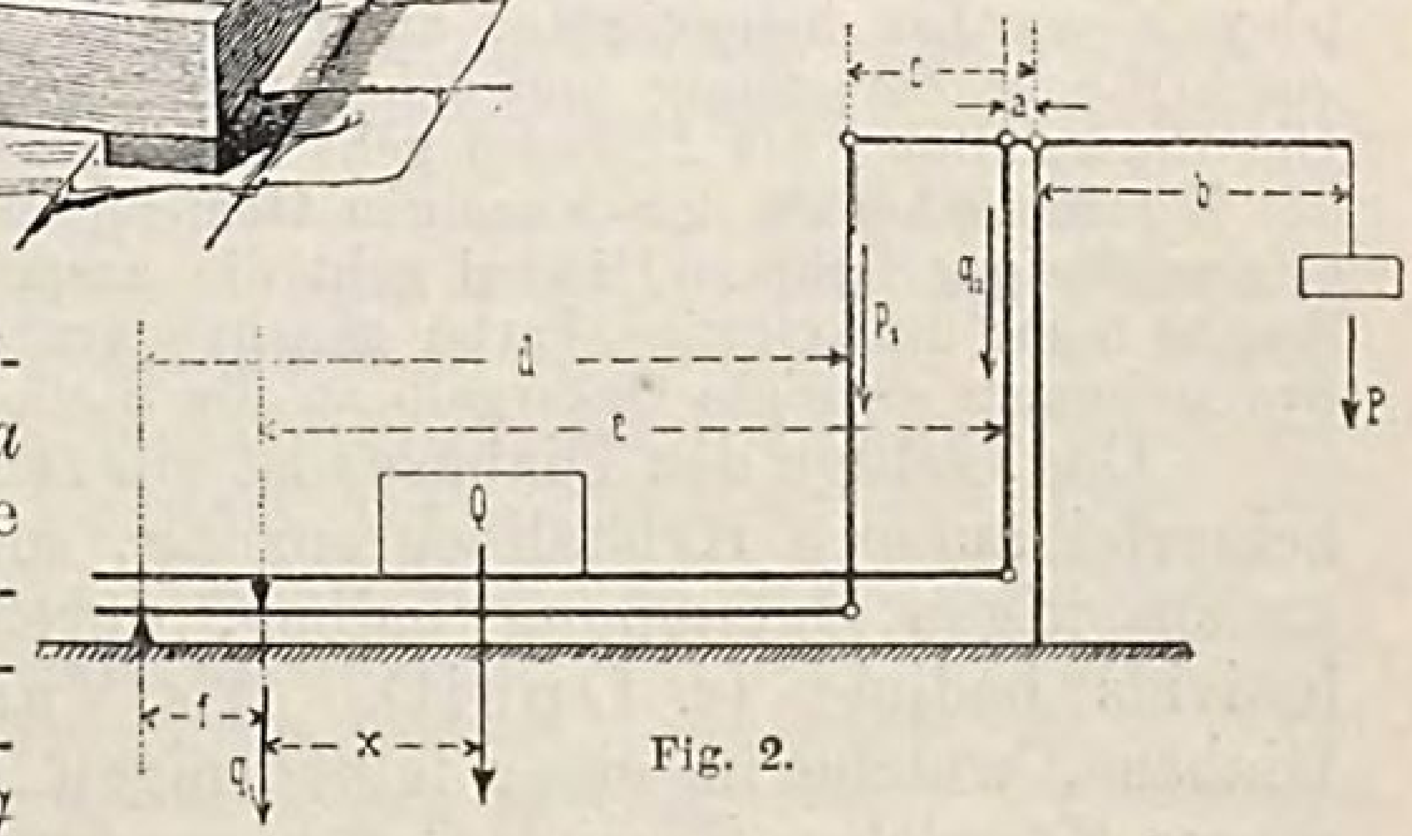


Fig. 2.

Nach Fig. 2 nimmt die Lage der Last Q keinen Einfluss auf die Wägung, wenn $a:c = f:d$. Es besteht nämlich (ohne Rücksicht auf die Eigengewichte der Wagenbalken etc.) die

Gleichgewichtsbedingung: $Pb = q_2 a + p_1 c$, welcher mit Rücksicht auf die Beziehungen (s. Fig. 2): $Q:q_2 = e:x$; $p_1:q_1 = f:d = a:c$; $q_1:Q = (e-x):e$ die Gleichung entspricht:

$$Pb = a \cdot \frac{Qx}{e} + c \cdot \frac{aQ(e-x)}{ce} = Qa.$$

Nachdem x aus der Gleichung austritt, ist die Lage der Last gleichgiltig. Wählt man $b = 10a$, so wird $P = 0{,}1 . Q$, d. h. das Gewicht P ist gleich dem zehnten Teil der Last Q, woher der Name Dezimalwage. In der Regel nimmt man dann das Verhältnis $a:c = f:d = 1:6$. Wird $P = 0{,}01 . Q$ bestimmt, so heisst die Wage Zentesimalwage etc.

Die Dezimalwage (Fig. 1) ist nach dem System *A* der kaiserl. Normal-Eichungskommission [2] ausgeführt und von allen Brückenwagen am weitesten verbreitet. Ausser diesem System sind noch einige andere im Gebrauch, von denen wir nennen [2]: System *B* nach Amman, Sagnier, Beranger, Punpier, Chameroy u. a., welches eine eigenartige Durchbildung des Laufgewichtsystems zeigt und eine selbstthätige Registrirung des Gewichtes ermöglicht; System *C*, meistens als Patent-Tischwage von Pfister bezeichnet, zeigt eine gewisse Aehnlichkeit mit den gleichnamigen oberschaligen Wagen; System *D*, Zentritesimalwage von Rollé und Schwilgué, und endlich System *E*, welches sowohl als Dezimal-, wie auch als Zentritesimalwage ausgeführt werden kann. Genaue Vorschriften über den Bau dieser Wagen, wie auch der für die Brückenwagen so wichtigen Abstellvorrichtungen, sind in den bildlichen Darstellungen [2] zu finden.

Litteratur: [1] Ernst Brauer, Die Konstruktion der Wage, 2. Aufl., Weimar 1887. — [2] Bildliche Darstellungen der eichfähigen Gattungen von Massen und Messwerkzeugen, Gewichten und Wagenkonstruktionen, herausg. v. d. kaiserl. Normal-Eichungskommission in Berlin.

Julius Hoch.

Dezimeter, ein Längenmass von 0,1 m Länge.

Längenmasse, welche in der Angabe der Gesamtlänge mit der Bezeichnung „Dezimeter" versehen sind, werden nur noch bis zum 31. Dezember 1896 zur Wiederholung der Eichung und Stempelung zugelassen, gemäss den Uebergangsbestimmungen, betreffend die Zulassungsfristen für ältere Masse, Messwerkzeuge, Gewichte und Wagen vom 30. Dezember 1884 (R.-G.-Bl. 1885, Beilage zu Nr. 5, Art. 1, I.). Die neue Mass- und Gewichtsordnung kennt die Bezeichnung Dezimeter nicht mehr. Siehe auch Metrisches System und Längenmasse. *F. Plato.*

Dhoties, Schirtings mit farbigen Streifen; s. Weberei.

Dhra, Längenmass in Marokko = 0,571 m.

Di, in der Chemie Zeichen für Didym.

Diabas wird in der Gesteinskunde ein kieselsäurearmes Eruptivgestein genannt, welches hauptsächlich aus einem triklinen Feldspat (Plagioklas) und Augit besteht und ein rein körniges Gefüge besitzt. Des meist hohen, vortertiären Alters dieser Gesteine wegen sind ihre Gemengteile selten frisch. Der Feldspat, gewöhnlich ein Oligoklas, ist meist getrübt und in beginnender Zersetzung (Kaolinisirung) begriffen, der Augit häufig in grüne, filzige, chloritähnliche Aggregate (Viridit) umgewandelt. Neben diesen Hauptgemengteilen treten stellenweise noch Diallag, Biotit, Hornblende, Olivin, Quarz, Titaneisen, Schwefelkies, Kalkspat, Brauneisenerz, fast ausnahmslos aber Magneteisen und Apatit auf.

Nicht alle diese Mineralien gehören dem Gestein seit seiner Bildung an; Hornblende, Quarz können, Schwefelkies, Kalkspat, Brauneisenerz müssen als spätere durch die Verwitterung entstandene Neubildungen angesehen werden. Diabas mit ursprünglich reichlich beigemengter Hornblende wird als Hornblende-Diabas oder Proterobas bezeichnet. Als Leukophyre wurden hellgefärbte, an Titaneisen reiche, feinkörnige bis dichte Diabase von vorgeschrittener Zersetzung und daher nicht genügend bekannter Zusammensetzung bezeichnet. Die Umwandlung des Diabases geht in vorgeschrittenerem Zustand stets mit einer Lockerung des Zusammenhaltes der einzelnen Gemengteile Hand in Hand und ihr Endprodukt ist ein eisenschüssiger Lehm. Hierbei geht die ursprüngliche dunkle oder durch die chloritisirten Augite mehr dunkelgrüne Farbe gänzlich verloren und es tritt das durch die Bildung von Brauneisenerz erzeugte Ockergelb an die Stelle.

Das Gefüge des Diabases ist ein rein körniges; die Hauptgemengteile zeigen keinerlei äussere Kristallbegrenzung, sondern ihre Form wird, der annähernd gleichzeitigen Entstehung halber, durch das Korn des benachbarten Mineralindivids bedingt (s. Ophit). Als Variolite (Kugeldiabas) bezeichnet man Diabase, welche in einer feinkörnigen bis dichten Grundmasse kleine, erbsengrosse Kügelchen (Variolen) führen, deren Gefüge eine radialstrahlige Anordnung der Gemengteile aufweist. Die Korngrösse schwankt zwischen 1 cm Länge und mikroskopischer Grösse der Gemengteile. Die feinkörnigen und dichten (aphanitischen, daher Diabasaphanit) Gesteine sind mit unbewaffnetem Auge schwer zu untersuchen; hierzu bedarf es fast stets des Mikroskops. In dem Gefüge

kommen Uebergänge zu den Augitporphyriten (s. Porphyrit) und Melaphyren dadurch zu stande, dass die Hauptgemengteile nicht gleichzeitig, sondern in zwei Altersfolgen, nämlich als Einsprenglinge und als Grundmasse entstehen (Diabasporphyrite) und selbst bei den rein körnigen Diabasen macht sich eine verschiedenzeitliche Entstehung der Hauptgemengteile und eine dadurch bedingte Abart des Gefüges geltend, wenn der Feldspat zuerst auskristallisirt (in Leisten und Tafeln) und der Augit die von jenem übrig gelassenen Zwischenräume regellos ausfüllt (s. Ophit).

Ihrer chemischen Beschaffenheit nach gehören die Diabase zu den an Kieselsäure armen, aber an alkalischen Erden (Kalk, Magnesia) und Natron reichen Eruptivgesteinen der älteren geologischen Zeiträume. Die durchschnittliche Zusammensetzung weist auf: 41—53% SiO_2, 11—20% Al_2O_3, 12% $FeO + Fe_2O_3$, 6—12% CaO, 4—8% MgO, 2—4% Na_2O, 0,5—2% K_2O. Das spez. Gew. der Diabase ist ein ziemlich hohes und liegt in der Regel zwischen 2,8 und 3,0.

Die Lagerungsform der Diabase unterliegt meist grossem Wechsel. Er tritt vielfach in Gängen, also als in offene Spalten eingepresstes Magma auf und zeigt hier gegen die Spaltenwände infolge rascherer Abkühlung zumeist ein mehr porphyrisches Gefüge. Fast ebenso häufig nahm das Diabasmagma die Form eines lavaartigen Ergusses an und zeigt sich alsdann gewöhnlich auch blasig und mandelsteinartig (Diabas-Mandelstein). Selten bildet der Diabas ganze Gebirgsstöcke wie der Granit. Die Absonderung entspricht der Lagerungsform und ist bei den Gangdiabasen eine plump säulenförmige oder prismatische und bei dem Ergussgesteine eine unregelmässig bankige.

Die meisten Diabas-Eruptionen zeigen sich in den älteren palaeolithischen Schichten, also im Silur und im Devon (Fichtelgebirg, Harz, Thüringer Wald, rheinisches Schiefergebirg u. s. w.); ihre Verbreitung ist hier eine sehr grosse und die Verknüpfung mit tuffartigen Gesteinen setzt eine ähnliche Entstehungsweise wie diejenige der heutigen vulkanischen Gesteine voraus. Weniger häufig kommen Diabase in jüngeren Formationen vor, doch sind verwandte Gesteine bis in das jüngste Tertiär beobachtet worden. In vielen Fällen ist das von den Diabasgängen durchsetzte Nebengestein in unmittelbarer Nachbarschaft des Ganges verändert, gefrittet, verglast u. s. w. [1], [2].

Die Härte des frischen Diabases ist ungefähr 6 der Härteskala. Sie ändert sich jedoch und wird geringer, sobald die Hauptgemengteile in Umwandlung begriffen sind. Das ursprünglich bei grobem Korn spröde Gestein wird zähe, besonders dann, wenn der augitische Gemengteil in chloritische Substanz und der Feldspat erst in beginnender Trübung sich befindet. Darnach ist die technische Benützbarkeit zu beurteilen. Die mittlere Druckfestigkeit der Hornblendediabase (Proterobase) vom Ochsenkopf im Fichtelgebirg und Neuwerk bei Rübeland (Harz) ist sehr hoch und beträgt im ersteren Fall 2080 kg, im letzteren 2567 kg auf den qcm. Grobkörnige und ganz frische Diabase sind weniger widerstandsfähig gegen Zertrümmerung, feinkörnige und dichte Arten mehr. Gegen Zug und Druck verhalten sich die Diabase mit chloritisirtem Augit weit vorteilhafter. Eine Politur nimmt Diabas in frischem Zustand leichter als im zersetzten an. Im allgemeinen eignet er sich sowohl zu Pflaster- wie zu Beschotterungsmaterial sehr gut, natürlich unter Berücksichtigung seines Umwandlungszustandes [3]. Als Hochbaumaterial sind für rauhes Mauerwerk mit Vorteil nur die festen, mandelsteinartigen Diabase zu verwenden. Die kompakten, körnigen und dichten Gesteine lassen sich nur schwer bearbeiten, doch wurden Diabase auch als Dekorationsmaterial verwendet. Sehr ausgedehnt ist die Benützung und Verarbeitung der dunklen und schwärzlichen Diabase (fälschlich Syenite) der Lausitz und des südlichen Schwedens zu Monumenten. Sie werden zersägt, geschliffen und polirt [3]. Die dunkelgrünen, feinkörnigen Proterobase vom Ochsenkopf (Fichtelgebirg) und Neuwerk (bei Rübeland im Harz) sind sehr politurfähig und eignen sich zu Verkleidungsmaterial bei Hochbauten. — Preis des Materials vom Ochsenkopf pro Wagenladung von 10 t Mk. 180—200.

Litteratur: [1] Zirkel, Lehrbuch der Petrographie, 2. Aufl., Leipzig 1894, Bd. 2, S. 621. — [2] Kalkowsky, E., Elemente der Lithologie, Heidelberg 1886, S. 111. — [3] Hermann, Zeitschr. f. prakt. Geologie, 1895, S. 161.
Leppla.

Diabasaphanit, -mandelstein, -porphyrit, s. Diabas.

Diabasschiefer oder schieferiger Diabas ist dunkelgrüner (mit chloritisirtem Augit) in einer Richtung gestreckter, daher scheinbar geschichteter Diabas. Die Gesteine sind meist das Ergebnis von starken Quetschungen und Streckungen

durch Gebirgsstörungen, Faltungen und Verwerfungen; hierbei sind die regellos verteilten Gemengteile in ihren Längeausdehnungen parallel gerichtet worden.

Natürlich steht damit eine Zertrümmerung der Gemengteile im Zusammenhang. Solche schieferige Diabase sind in gefalteten Gebirgen, im zentraleuropäischen Devon und Silur sehr häufig. Die mechanischen Veränderungen machen die Gesteine für Bauzwecke und Pflastermaterial vielfach unbrauchbar und der neu entstandenen Trennungsflächen wegen sind grössere Blöcke selten erhältlich. Die Verwendung erstreckt sich daher nur auf Kleinschlag für Strassenbau. *Leppla.*

Diabastuff wird Tuff genannt, dessen Material aus Diabasbruchstücken besteht und wahrscheinlich in vielen Fällen aus Trümmermaterial entstanden ist, welches bei der Eruption des Diabases in Form von Aschen und Rapilli ausgeworfen wurde. Die Gemengteile des Diabastuffes sind also teilweise Bruchstücke von Diabas selbst, teilweise solche von Feldspat und Augit; besonders aber ist das chloritische Umwandlungsprodukt des letzteren (Viridit) an der Zusammensetzung des Tuffes beteiligt. Ist derselbe aus eckigem Verwitterungsmaterial des Diabases gebildet, so geht er in Diabasbreccie über und sind seine Elemente gerollt, so nähert er sich mehr dem Diabaskonglomerat. Die echten Diabastuffe sind meist grünlichgrau, mittel- bis feinkörnig, oft gut geschichtet oder auch geschiefert und gewöhnlich reich an kohlensaurem Kalk, einem Umwandlungsprodukt des Augites. Hierher gehörige Gesteine haben eine verhältnismässig geringe Verbreitung und daher auch geringe Verwendung. Diasbastuffe von Hof in Bayern werden zum Strassenbau benützt. *Leppla.*

Diabetometer ist ein Polarisationsapparat (Saccharimeter), welcher speziell der Prüfung des Zuckergehalts des Harns von Diabetikern dient.

Diagometer, von Rousseau angegebenes Instrument zum Messen der elektrischen Leitungsfähigkeit von Körpern.

Der eine Pol einer Zamboni'schen trockenen Säule (s. d.) steht mit der Erde in Verbindung, von dem anderen führt ein Leiter zugleich zu einer Magnetnadel und zu einem, ihrem Nordpol nahe gegenüberstehenden Metallkügelchen, so dass die Nadel vermöge der Abstossung gleichartiger Elektrizität bis auf einen, der konstanten Stärke der Zamboni'schen Säule entsprechenden Grad abgelenkt wird. Die Zeit, in der sich Nadel und Metallkugel soweit laden, dass ein Maximum der Abstossung eintritt, richtet sich nach der Güte des vom Pol der Säule ausgehenden Zuleiters. Je nachdem man hierzu z. B. Olivenöl oder Mohnöl anwendet, braucht jene Ladung 40 bezw. 27 Minuten. Es kann daher das Diagometer neben der Prüfung der Leitungsfähigkeit auch zur Erkennung gefälschter Stoffe benützt werden.

Diagonal, beim Bergbau auf einer plattenförmigen Lagerstätte eine geneigte Richtung, welche zwischen der Streich- und Fallrichtung (s. Fallen) liegt, also weniger Neigung hat als letztere. Diagonale Strecken werden jetzt nur noch selten angewendet. *Treptow.*

Diagonalbau, s. Bootsbau, Bd. 2, S. 622.

Diagonalbeplankung, s. Schiffbau.

Diagonalbogen, s. Gratbogen.

Diagonale, in der Planimetrie Gerade, welche zwei nicht auf einander folgende Ecken eines Vielecks (s. Polygon) verbindet; in der Stereometrie Verbindungslinie zweier Ecken eines Körpers, die nicht mit der Diagonale einer Seitenfläche oder mit einer Kante zusammenfällt.

Diagonalen oder Schrägen, die geneigten Ausfachungsstäbe eines Fachwerksträgers. Sie sind entweder Zugstäbe (s. d.) oder Druckstäbe (s. d.), je nachdem sie bloss Zug oder auch Druck aufzunehmen haben. Ihre Neigung wird im Mittel unter 45° angenommen, jedoch kommen, insbesondere bei Trägern mit nicht parallelen Gurtungen, auch beträchtliche Abweichungen von dieser Mittellage vor. (S. überdies Fachwerksträger.)

Diagonalreihen, s. Reihen.

Diagonalspanten, s. Schiffbau.

Diagonalstuhl oder Milanesstuhl ist ein mechanischer Kettenwirkstuhl, welcher die Kettenfäden nach und nach seitlich über sämtliche Nadeln der ganzen Reihe legt.

Diagramm, s. v. w. Abriss, Entwurf in Linien. In der Physik, Meteorologie und Technik ist der Begriff Diagramm kein einheitlicher: manche Autoren bezeichnen als Diagramm nur diejenigen Figuren, welche von selbstregistrirenden Instrumenten (Flutmessern, Barometern, Indikatoren etc.) aufgezeichnet werden,

andere, insbesondere in England, alle Linien und Figuren, welche das Charakteristische einer Sache darstellen, also beispielsweise nicht nur Kurven, die gleichwertige Punkte verbinden (Isochimenen, Isothermen etc.) oder die gesetzmässige Entwicklung irgend einer Funktion darstellen, sondern sogar Querschnitte durch Trägerkonstruktionen etc. Die Darstellung physikalischer, meteorologischer und technischer Data durch Diagramme ist oft von unschätzbarem Wert. So ist z. B. bei Dampfmaschinen, insbesondere Schiffsmaschinen, das Indikatordiagramm die einzig ausreichende Kontrolle für die in den Cylindern wirklich ausgeübte Dampfkraft. Vergl. Dampfmaschinen (Bd. 3, S. 191 u. 192), Schiffsmaschine, Baumwollspinnerei (Bd. 2, S. 128), Arbeitsdiagramm, Mahlschema etc.

Diagrammapparate, s. Festigkeitsprobirmaschinen.

Diagraphie (griech.), Verfahren, um Zeichnungen mit der Feder auf gummirten Taffet zu pausen zum Zweck des Ueberdruckens auf den lithographischen Stein. Nachdem man dem Taffet durch Umnähen mit Zwirnband Festigkeit gegeben, mattirt man seine Rückseite mit Kalkmilch, legt ihn auf die Zeichnung und fährt deren Linien mit einer in lithographische Tusche getauchten feinen Feder nach. Beim Ueberdrucken muss der Stein zuvor mit Specksteinpulver eingestäubt werden, damit sich der Taffet nicht verschieben könne; diesen bedeckt man, nachdem er sicher aufgelegt, mit einem Makulaturbogen und dem Tamponleder, die man beide auch mit Speckstein einstäuben muss. Sodann wird durch die Presse gezogen, zwei- bis dreimal; der Taffet wird darauf mit beiden Händen gerade abgehoben; wäre der Ueberdruck nicht kräftig genug, so überfährt man ihn mit einer eingeschwärzten Walze; hätte sich indessen zu viel Farbe auf den Stein abgesetzt, so kann man dem durch leichtes Ueberwischen mit einem in Aetzwasser getauchten Schwamm abhelfen. Die Diagraphie erweist sich sehr nützlich beim Kopiren architektonischer und anderer, in der Hauptsache in Linien ausgeführter Zeichnungen. *Theod. Goebel.*

Diakaustik, Brennlinie einer nicht aplanatischen Linse.

Diaklase, s. Lithoklase.

Diakonissenhaus, Gebäude zur Aufnahme, Erziehung und Heranbildung von Krankenpflegerinnen protestantischer Konfession. Die erste Diakonissenanstalt wurde von Pastor Fliedner in Kaiserswerth 1836 gegründet. Seitdem sind nach Muster derselben in Deutschland eine grosse Anzahl solcher entstanden. Den mehrfachen Zwecken entsprechend besteht das Gebäude in seinen Teilen aus 1. einem Hauptgebäude zur Unterbringung der Schwestern und Zöglinge; in demselben sind auch Räume zum Unterricht und geistiger Erbauung (Kapelle oder Betsaal) einzurichten; 2. Räume für Pflege von Kranken verschiedener Art und Geschlechts in verschiedenen Stockwerken oder gesonderten Gebäuden (s. Krankenhaus); 3. Räume zur Bewirtschaftung der Anstalt mit Küche, Waschküche u. s. w. *Weinbrenner.*

Diallag, s. Augit.

Dialysator ist eine Vorrichtung, welche zur Scheidung kristallinischer und gelatinöser Substanzen in Lösungen dient (Kristalloide und Kolloide). Diese Scheidung (Dialyse, s. d.) beruht auf dem verschiedenen Verhalten dieser beiderlei Substanzen bei der Diffusion ihrer Lösungen durch feinporöse Scheidewände. Der Dialysator, ein flaches Gefäss mit membranösem Boden (Pergamentpapier) lässt auf Wasser schwimmend Zucker- und Salzlösungen ins Wasser diffundiren und hält Substanzen wie Gummi, Eiweiss, nicht kristallisirbaren Zucker etc. zurück. *Aug. Schmidt.*

Dialyse nennt man die Trennung gelöster kristalloider und kolloidaler Stoffe mit Hilfe einer Membran von Pergament oder anderer tierischen Haut, die die Eigenschaft besitzt, Kolloiden den Durchgang zu verwehren, während Kristalloide so gut wie ungehindert hindurchdiffundiren. Es gelingt auf diese Weise eine völlige Trennung der beiden verschiedenartigen Stoffe zuwege zu bringen. Die Erklärung dieser merkwürdigen, von Graham entdeckten Erscheinung scheint darin zu liegen, dass die tierische Membran als eine gesättigte Kolloidlösung betrachtet werden kann, die, wie alle gelatinirten Kolloidlösungen,

keine Aufnahmefähigkeit für weitere Kolloide besitzt, wohl weil die wahrscheinlich sehr grossen Kolloidmolekeln nicht in die Zwischenräume der anderen eindringen können, während die kleinen Kristalloidmolekeln hinein- und hindurchzudiffundiren vermögen. *Abegg.*

Diamagnetismus, s. Magnetismus.

Diamagnetometer nannte W. Weber einen Apparat, den er ersonnen hatte, um die diamagnetische Polarität (s. Magnetismus) des Wismuts mit der magnetischen Polarität des Eisens einer vergleichenden Messung zu unterwerfen. Bringt man nach einander gleich lange und gleich schwere Stäbe beider Metalle in das gleich starke Feld einer Magnetisirungsspirale, so erhält der Eisenstab ein 1470000 mal so grosses magnetisches Moment als der entgegengesetzte Polarität zeigende Wismutstab.

Ueber die Einrichtung des Apparates vgl. [1], über die besondere Methode der Beobachtung mit demselben vgl. [2], über eine veränderte Einrichtung vgl. [3].

Litteratur: [1] W. Weber, Elektrodynamische Massbestimmungen, Abh. 3, Ueber Diamagnetismus, Math.-phys. Klasse der k. sächs. Ges. d. Wiss., Bd. 1, 1852 (im Auszug in Pogg. Annalen, Bd. 87, S. 145, 1852. — [2] Elektrodyn. Massbestimmungen, Abt. 2, Widerstandsmessungen im selben Band. — [3] Tyndall, Philos. Transactions for 1856 und Christie Pogg. Annalen, Bd. 103, 1858. *Aug. Schmidt.*

Diamant, Demant, reiner Kohlenstoff = *C*, ohne anorganische Beimengungen, kristallisirt regulär und zwar meist als Oktaëder, besonders mit krummen Flächen; selten sind Aggregate von Kristallen und derbe Steine. Die einzelnen Kristalle sind meist Zwillinge. Spaltbar nach dem Oktaëder. Farblos und wasserhell (Steine vom reinsten Wasser), eigenartig und stark glänzend = demantglänzend (kleiner Winkel der Totalreflexion), durchsichtig, selten trüb; mitunter gelblich und dann weniger geschätzt. Selten und sehr hoch im Preis sind dunkle, rote, grüne, blaue und schwarze Farben. Die Lichtbrechung und Farbenzerstreuung (Dispersion) ist sehr stark, daher im geschliffenen Zustand prächtiges Farbenspiel. Durch starke Bestrahlung wird Diamant phosphorescirend und durch Reibung positiv elektrisch; das Leitungsvermögen für Elektrizität ist sehr gering. Seine Härte ist die grösste unter den Mineralien, nämlich 10 in der Härteskala (australische Steine sind härter als andere); dabei ist er spröde und lässt sich leicht zertrümmern und spalten. Das spez. Gew. schwankt zwischen 3,50 und 3,53. Vor dem Lötrohr ist Diamant unschmelzbar, dagegen verbrennt er in der Rotglut und im Sauerstoffstrom unter Bildung ätzfigurenartiger Vertiefungen zu Kohlensäure, auch nach Entfernung der Wärmequelle; an der Luft geglüht, verbrennt er nur so lange, als die Glühflamme wirkt. Nach Despretz verwandelt sich der Diamant beim Glühen an der Luft vor dem Verbrennen in Graphit. In grösseren Stücken erträgt der Diamant bei Abschluss von Sauerstoff Temperaturen bis zum Schmelzpunkt des Eisens. In Säuren ist Diamant selbst bei hoher Temperatur durchaus unlöslich; auch alkalische Basen greifen ihn nicht an. Dagegen wird er von einem Gemenge von chromsaurem Kali und Schwefelsäure bei 200° C. gelöst, indem er sich oxydirt.

Die meisten Diamanten werden auf sekundärer Lagerstätte, also da, wo sie nicht gebildet, wohl aber mit anderem Material abgelagert wurden, gefunden in Sanden, Kies, Breccien (Indien, Brasilien), Thonen (West-Griqualand), Gelenksandstein oder Itakolumit (Brasilien, Ural), sogen. Goldseifen (Australien). Das eigentliche Muttergestein ist nur in den wenigsten Fällen bekannt geworden, in Indien soll es nach Chaper ein pegmatitisches Gestein, ein Gneiss, in Minas Geraës (Brasilien) ein granitisches oder syenitisches Gestein sein. Ueber die Entstehung des Diamants sind befriedigende Erklärungen nicht vorhanden. Es wird vermutet, dass er im Granit unter hohem Druck und Temperatur aus sehr lösungskräftigen Dämpfen sich gebildet habe; andere nehmen eine Kristallisation aus geschmolzenem Eisen bei sehr hohem Druck an (nach dem Vorkommen in Meteoriten). In den letzten Jahren fehlte es nicht an Versuchen, Diamant im Laboratorium zu erzeugen, doch haben dieselben einen von keiner Seite angezweifelten Erfolg nicht gehabt. Als Nachahmungen von Diamant, nicht bloss des geschliffenen, sondern auch des rohen, werden Bergkristall und farblose Abarten des Korunds gebraucht und künstlich falsche Diamanten durch ein Bleiglas erzeugt. Die besonders geschätzte blaue Farbe mancher Diamanten wird durch Eintauchen von minderwertigen gelben in blaue Lösungen künstlich nachgeahmt. Die älteste und hervorragendste Verwendung des Diamants ist diejenige als Schmuckstein und hier wird beinahe ausschliesslich eine Schleifform gewählt, diejenige des Brillantschliffes. Man nennt daher Diamanten von dieser Schliffform kurzweg Brillanten. Die Form besteht aus zwei an ihrer Grundfläche (Fassungsrand) vereinigten Pyramiden, deren obere durch eine der Grundfläche parallele Fläche abgestumpft

ist und etwa $^1/_3$ der Gesamthöhe des Steines einnehmen soll. (Vergl. Edelsteinschleiferei.) In den Fällen, wo der Rohstein nicht die Oktaëderform bereits besitzt, wird diese durch Spalten desselben hergestellt. Alsdann werden zwei auf Stäbchen aufgekittete Steine an einander gerieben, bis sie die ungefähre Form des Brillanten haben (Grauen der Steine). Hierauf werden die Fassetten geschliffen, indem die aufgekitteten Steine auf eine sehr rasch rotirende eiserne Scheibe gedrückt werden, auf welche Diamantstaub oder -Pulver mit Olivenöl als Schleifmittel gebracht wurde. Für jede Fassette muss der Stein auf dem Griffel natürlich umgekittet werden. Der Wert der rohen Diamanten wechselt nach der Reinheit und bewegt sich zwischen 20 und 50 Mk. pro Karat für grössere Partien. Beim Brillanten galt früher die Regel, den Wert im Quadrat des Gewichtes an Karat zu bemessen, also z. B. einem Stein von 4 Karat den 16fachen Wert von 1 Karat beizumessen. Durch die Häufigkeit der Diamanten in Südafrika jedoch wurden die Preise gedrückt. Man rechnet etwa einen Stein von 1 Karat je nach Qualität auf 120—220 frcs. Wert, von 2 Karat auf 400—700 frcs., von 3 Karat auf 660—1250 frcs., von 5 Karat auf 1250—2750 frcs., von 10 Karat auf 3050—10300 frcs. u. s. w. Für grosse Steine, sowie für solche mit sehr seltenen Färbungen werden selbstverständlich nur Liebhaberpreise bezahlt.

Zum Glasschneiden können nur kleine Steine (Salzkörner) oder Bruchstücke mit natürlichen Kanten benützt werden; Spaltungsstücke schneiden nicht, sondern ritzen nur (Preis 30—50 Mk. per Karat). Als Schleifmittel (s. d.) für den Diamanten selbst und ähnlich harte Edelsteine wird der sogen. Diamantbort oder kurzweg Bort (Boort) verwendet, welcher aus Abfällen grösserer Steine und solchen trüben oder unregelmässig verwachsenen besteht, die sich zu Brillanten nicht eignen. (Preis pro Karat 20—30 Mk.) Eine grosse Verwendung finden solche Diamanten oder deren Bruchstücke zum Bohren und Drehen sehr harter Materialien, zum Abrichten von Schleif- und Schmirgelsteinen, zum Abdrehen von Hartguss-, Stahl- und Hartgummiwalzen u. s. w. Ausgedehnt ist die Benützung zur Herstellung von Bohrkronen für harte Gesteine (Preis 30—90 Mk. je nach Grösse). Beim Graviren von Metall (Siegel- und Kupferstecherei) und Stein (Lithographie) werden Werkzeuge mit Diamantspitze verwendet. Untergeordnet ist die Benützung sehr klarer Steine zu optischen Linsen. — Als ein derbes, kristallines Aggregat von Diamantoktaëdern wird der schwarze, zuweilen poröse Karbonat (Carbonado) angesehen, welcher oft das Aussehen von Koks besitzt und häufig in grösseren Klumpen vorkommt (Brasilien). Er enthält bis zu 2 % fremde Beimengungen, hat ein niedriges spezifisches Gewicht (3,15—3,30), ist aber ebenso hart als der eigentliche Diamant (nach Aussage der Steinschleifer sogar noch härter). Er dient wie der Bort zum Schleifen von Brillanten, Abdrehen und Abschleifen von harten Materialien.

Litteratur: Bauer, Lehrbuch der Mineralogie, Berlin 1886, 249. — Groth, Grundriss der Edelsteinkunde, Leipzig 1887, 138. — Dölter, Edelsteinkunde, Leipzig 1893, 54. — Bauer, Edelsteinkunde, Leipzig 1895, 127. *Leppla.*

Diamant, im Buchdruck, s. Schriftarten.

Diamantbohrung, s. Tiefbohren.

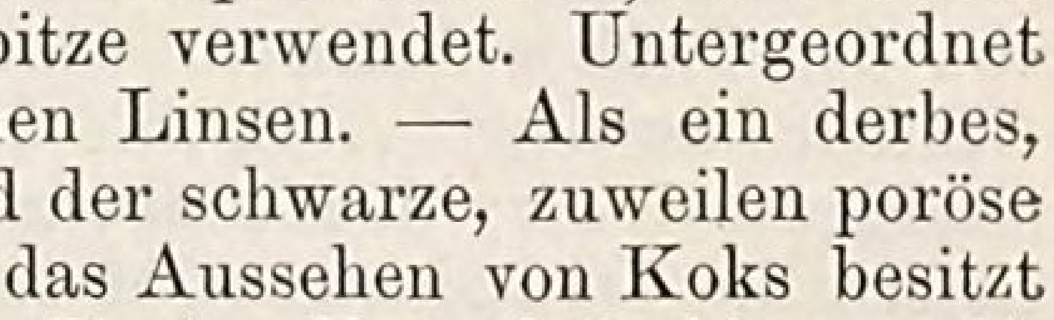
Diamantfarbe, s. Eisenanstriche.

Diamantkarbonat, s. Schleifmittel.

Diamantquader ist ein Bossenwerkquader, der die Form von Kristallen annimmt, demnach aus sich schneidenden Ebenen hergestellt erscheint (s. den Art. Bossenwerk, Fig. 7—9).

Diamantschwarz, aus Gambier (Knox County, Ohio) kommender, aus der Erde entströmenden Gasen hergestellter Lampenruss, ähnlich dem Carbon Black. — S. auch Anilinschwarz, Bd. 1, S. 342.

Diamantspat, s. v. w. Korund.



Diamantverzierung, eine namentlich im romanischen Stile häufig angewendete Verzierung der Ornamente, welche aus einer Aneinanderreihung von kristallähnlichen Formen oder perlartigen Körperchen besteht. Diese Dekoration bildet die Rippen von Blättern oder setzt sich in der Mitte bandartiger Formen fest (s. Fig.).

Diamantwäscherei bedeutet im engeren Sinne nur das Behandeln des bereits gegrabenen diamanthaltigen Gebirges mit Wasser und das Aussuchen der Diamanten, allgemein auch die Ausbeutung der Diamantlagerstätten.

An den meisten Fundorten (s. Diamant) kommen die Diamantkristalle lose und in sehr verschiedener Grösse in Alluvionen vor. Nur zu Bellary in Ostindien sind die Steine in

einem grobkörnigen Granit, bei Tejuco in der brasilianischen Provinz Minas Geraes in einem sandsteinartigen Gestein, dem Itakolumit, und in Griqualand [4] in vulkanischen Tuffen (der berühmteste Fundort ist Kimberley) eingewachsen. Die Gruben des Griqualandes, welche die Tuffmassen abbauen, heissen dort „dry diggings“, im Gegensatz zu den ebenfalls dort abgebauten Seifen, den „river diggings“.

Beim Aussuchen der Diamanten wird das diamanthaltige Seifengebirge durch Auslesen oder Sieben von den gröberen Gesteinsstücken befreit, sodann durch Waschen im fliessenden Wasser der Schlamm und Thon entfernt und aus dem sandartigen Rückstande, welchen man auf Tischen ausbreitet, werden die Diamanten ausgelesen. Das geübte Auge der Arbeiter übersieht selbst kleine Steine nicht leicht; wegen der Gefahr der Entwendung wird hierbei strenge Aufsicht geführt und die Diamantwäscher arbeiten unbekleidet. Die Tuffmassen, in denen sich im Griqualand die Diamanten finden, bilden unmittelbar unter der Oberfläche eine gelbliche (yellow ground) und etwas tiefer eine graublaue (blue ground) zersetzte Masse; beide haben die Eigentümlichkeit, an der Luft leicht zu verwittern. Diesen Umstand benützt man, indem das gewonnene Gestein auf weiten, gepflasterten Flächen, den sogen. „floors“, dem Einflusse der Atmosphäre 3—6 Monate lang ausgesetzt wird. Darauf erfolgt in maschinell betriebenen, leistungsfähigen Anlagen, zum teil unter Benützung von Rundherden (s. Herdarbeit) das Waschen der Massen und darauf das Auslesen der Diamanten. Die Frage, in welcher Weise man am vorteilhaftesten aus den in grösserer Tiefe anstehenden härteren Tuffmassen, bei denen der Verwitterungsprozess zu lange Zeit in Anspruch nehmen würde, die Diamanten gewinnen kann, ist zurzeit noch eine offene.

Litteratur: Groth. P., Grundriss der Edelsteinkunde, Leipzig 1887. — Doelter, C., Edelsteinkunde, Leipzig 1893. — Bauer, Max., Edelsteinkunde, Leipzig 1895 (im Erscheinen begriffen). — Stelzner, Alfred Wilhelm, Die Diamantgruben von Kimberley, Sitzungsberichte und Abhandlungen der naturwissenschaftl. Gesellsch. Isis in Dresden, Dresden 1893. *Treptow.*

Diaminfarben, eine Reihe von direkt färbenden, substantiven Baumwollfarbstoffen, die von der Firma Leopold Cassella & Co. in Frankfurt a. M. in den Handel gebracht werden. Vgl. Farbstoffe, künstliche organische.

Dianenbaum, s. unter Silber.

Diaphan, durchscheinend, heissen Bildertafeln, deren Bilder nicht in dem von der Tafel reflektirten, sondern in dem von der Tafel durchgelassenen Licht sichtbar werden, z. B. die Lithophaniebilder. Der Diaphanlack ist ein schwarzer Lack; damit überzogene Glastafeln, mit der Radirnadel bearbeitet, liefern die Diaphanradirungen. *Aug. Schmidt.*

Diaphanie, Diaphaniebild, Nachahmung eines Glasgemäldes, hergestellt durch Einkleben eines transparenten (diaphanen) Papiergemäldes zwischen zwei Glasplatten. — Vergl. auch Buntglasimitationen.

Diaphanlack, ein terpentinhaltiger Lack, um auf dünnes Papier gedruckte farbige Bilder, welche auf Glas aufgeklebt werden, durchscheinend zu machen, so dass sie wie Glasmalerei aussehen.

Diaphanometer, s. unter Durchsichtigkeit.

Diaphragma (wörtlich Zwischenwand) nennt man 1. die Blendringe, welche in Fernrohren und Mikroskopen angebracht werden, um die durch die Ränder der Linsen gehenden Strahlen aufzufangen und dadurch die sphärische Aberration unschädlich zu machen. (Näheres s. Fernrohr, Mikroskop und Fadenkreuz). — 2. Die kapselartigen Einsätze in Brunnenröhren, um bei hohem Drucke in der Zuleitung mittelst Anbringens einer kleinen Oeffnung in die den Zuflussquerschnitt sperrende Wand eine innerhalb bestimmter Grenzen beliebige Wassermenge ständig entnehmen zu können.

Diaphragmenströme sind elektrische Ströme, welche nach der Entdeckung von G. Quincke beim Durchgang von Flüssigkeiten durch poröse Körper entstehen. Wird Wasser durch eine pöröse Thonplatte gepresst, so zeigt sich zwischen dem vor und dem hinter der Platte befindlichen Wasser eine Potentialdifferenz, welche beim Eintauchen zweier Elektroden die elektromotorische Kraft eines Stromes liefert. Die elektromotorische Kraft zeigt sich proportional dem Druck des Wassers und somit der Geschwindigkeit desselben, besonders abhängig von der Substanz des Diaphragmas und der Flüssigkeit. Quincke machte Versuche mit porösem Thon, mit Leinwand, mit Pulvern aus Elfenbein, Glas, Sand, Holz, Schwefel, Kohle u. s. w. Schwefel gab die stärkste elektromotorische Kraft. Die Stromrichtung war diejenige des Flüssigkeitsstroms [1]. Eine Ausnahme bildet der Alkohol [2], bei welchem die Stromrichtung die entgegengesetzte ist. Die Erscheinung ist die Umkehrung einer andern Erscheinung, welche man elektrische Osmose nennt. Bei dieser setzt ein durch die Flüssigkeit und

das Diaphragma geleiteter, starker elektrischer Strom die Flüssigkeit in Bewegung, besonders schlecht leitende Flüssigkeiten, wie Schwefelkohlenstoff, so dass das Flüssigkeitsniveau auf Seite der Kathode höher ist als auf Seite der Anode.

Litteratur: [1] Pogg. Annalen, Bd. 107 (1859). — [2] Pogg. Annalen, Bd. 110 (1860).

Aug. Schmidt.

Diapositiv, s. Photographie.

Diaspor, ein Mineral, fast überall, wo Schmirgel vorkommt, in Begleitung desselben; so findet es sich bei Gumuch-Dagh und Manser in Kleinasien, sowie auf den Inseln Naxos und Nicoria im griechischen Archipel und spielt in der Schmirgel- und Korundfabrikation eine nicht unwichtige Rolle. Der Ordnung der Hydrooxyde angehörend, kristallisirt es rhombisch, in breiten Säulen, tritt meist derb in muscheligen, breitstängeligen, auch faserigen, blätterigen Aggregaten auf; Farbe grünlichweiss, gelblichweiss, auch violettblaugrau; Härte 6, spez. Gew. 3,3—3,46, oberflächlich mit Brauneisenocker bedeckt, mit Perlmutterglanz auf den vollkommenen Teilungsflächen, mit Fettglanz auf dem Querbruch; das Mineral besteht aus Thonerdehydrat. *Andés*

Diastase, ein sogenanntes ungeformtes Ferment, welches, im Malz enthalten, den Abbau der Stärke zu Dextrin und Maltose bewirkt. Wie alle ungeformten Fermente, so ist auch die Diastase als eine bestimmte chemische, den Eiweisskörpern verwandte Verbindung aufzufassen, welche, in ihrer Zusammensetzung noch nicht hinlänglich festgestellt, Koklenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff und Stickstoff enthält. Sie ist in Wasser löslich, doch ist sie bisher noch nicht rein erhalten worden. Sie entsteht beim Keimen der Körnerfrüchte und namentlich der Gerste aus dem Pflanzeneiweiss und ist daher im Malz enthalten. Das durch Fällen der wässerigen Malzauszüge mit Alkohol erhaltene, amorphe, weisse Pulver stellt eine unreine Diastase dar. Die Eigenschaft dieses Ferments, Stärke bei Gegenwart von Wasser in Dextrin und Maltose zu zerlegen, ist von hervorragender Bedeutung für die Bierbrauerei und die Spiritusfabrikation. In dem sogenannten Maischprozess dieser Fabrikationen werden grosse Mengen von Stärke, wie sie im Roggen, Weizen, Mais, in den Kartoffeln etc. enthalten ist, durch die Diastase, welche in Form von Malz in den Prozess eingeführt wird, in die oben genannten Substanzen umgewandelt. Die Art, wie die Diastase diese Zersetzung bewirkt, ist noch völlig unaufgeklärt; jedoch lässt sich dieselbe durch andere Agentien, wie z. B. Erwärmen der Stärke für sich oder mit verdünnten Säuren, ebenfalls hervorrufen. Auch ist sie an bestimmte Bedingungen geknüpft. Durch Erhitzen der wässerigen Lösung über 75° wird die Diastase zerstört; Mineralsäuren, Alkalien, Metallsalze und eine Reihe anderer Substanzen, so namentlich die antiseptisch wirkenden, verzögern ihre Wirksamkeit oder heben dieselbe gänzlich auf. Siehe auch Stärkemehl, Dextrin, Malz, Fermente und Gärung. *W. Kerp.*

Diastimeter, Diastimometer, Entfernungsmesser; Diastimometrischer (parallaktischer) = entfernungsmessender Winkel. — S. Distanzmesser.

Diastylos, s. v. w. weitsäulig, so werden in der antiken Baukunst die Säulenstellungen dann genannt, wenn die Säulenentfernungen drei untere Säulendurchmesser betragen.

Diathermansie, Fähigkeit, Wärmestrahlen durchzulassen, s. Wärmestrahlung.

Diatonische Tonleiter, Tonleiter der ganzen Töne, also der Töne *C, D, E, F, G, A, H, c* und ihrer höheren und tieferen Oktaven, s. Schall.

Diazoma ist der anfangs unbedeckte, später mit Säulenhallen verzierte breite Gang des Zuschauerraumes des griechischen Theaters, der sich an die Umfangsmauer anlehnt und den ganzen Raum wie ein Gürtel in mehr als einem Halbkreis umzieht.

Diazoverbindungen, in der organischen Chemie eine durch ihre grosse Reaktionsfähigkeit ausgezeichnete Klasse von aromatischen Substanzen, welche — wie die Azoverbindungen — die aus zwei Atomen Stickstoff bestehende Diazogruppe — $N=N$ — enthalten. Alle Diazokörper sind ableitbar vom hypothetischen Diazobenzol $C_6H_5-N=N.OH$; so z. B. $C_6H_5-N=N-NO_3$ Diazobenzolnitrat, $C_6H_5-N=N-NHC_6H_5$ Diazoamidobenzol u. s. f. — Die

Diazoverbindungen sind meist kristallinische farblose Körper, die sich an der Luft leicht bräunen. In Wasser leicht löslich, lösen sie sich wenig in Alkohol und werden aus der alkoholischen Lösung durch Aether gefällt. In trockenem Zustand sind sie sehr unbeständig und explodiren häufig selbst bei ganz geringfügiger Berührung mit beispielloser Heftigkeit. Sie sind daher mit besonderer Vorsicht zu behandeln. — In der Technik stellt man sie daher meistens nicht als solche dar, sondern verwendet gleich ihre wässerigen Lösungen. Zur Darstellung der Azofarben spielen die Diazoverbindungen in der Farbenindustrie eine grosse Rolle (s. Farbstoffe, künstliche organische). Auch sonst zeigen die Diazoverbindungen eine grosse Reihe äusserst glatt verlaufender Reaktionen, bei denen unter Entbindung des Stickstoffs die Diazogruppe unmittelbar am Benzolkern durch Elemente oder andere Gruppen ersetzt wird. Näheres s. unter [1]. — Ueber die sogen. Isodiazoverbindungen s. [2]; über die Diazoverbindungen der aliphatischen Reihe [3]; s. auch Azoverbindungen und Disazoverbindungen. Die Entdeckung der Diazoverbindungen verdanken wir Peter Griess (1860), die Aufklärung ihrer Konstitution August Kekulé [4].

Litteratur: [1] Beilstein, Handbuch der organ. Chemie, 2. Aufl., Hamburg u. Leipzig 1890, Bd. 3, S. 1214 ff.; Peter Griess, Annalen der Chemie Bd. 137, S. 39. — [2] C. Schraube, C. Schmidt, E. Bamberger, A. Hantzsch, Berichte der deutschen chem. Gesellschaft, Jahrg. 27 u. 28. — [3] Curtius, ebd., Jahrg. 16, 17, 18, 20, 21 u. ff., und Journal für prakt. Chemie, neue Folge, Bd. 38 u. 39; Joh. Thiele, Annalen der Chemie Bd. 270, S. 46. — [4] Kekulé, Lehrbuch der organ. Chemie, Erlangen 1866, Bd. 2, S. 703 ff. *W. Kerp.*

Dibbelmaschine ist eine Reihensäe- oder Drillmaschine (s. d.), bei welcher jedoch die Samen nicht in ununterbrochenem Strom in die durch die Schar gebildete Rille fallen, sondern in Abständen abgegeben werden, so dass die Körner in Häufchen zu liegen kommen. Besonders bei der Ansaat des Maises, dann auch der Rübe wird diese „horstweise oder Dibbelsaat“ ausgeführt. Gewöhnlich ist die Einrichtung der Dibbelvorrichtung so gewählt, dass die von den Säerädern einer Reihensäemaschine in die Saatleitung abgegebenen Samen auf einer federnden Klappe sich sammeln und, wenn diese selbstthätig auf einen Moment sich zurückzieht, zusammen zu Boden fallen.

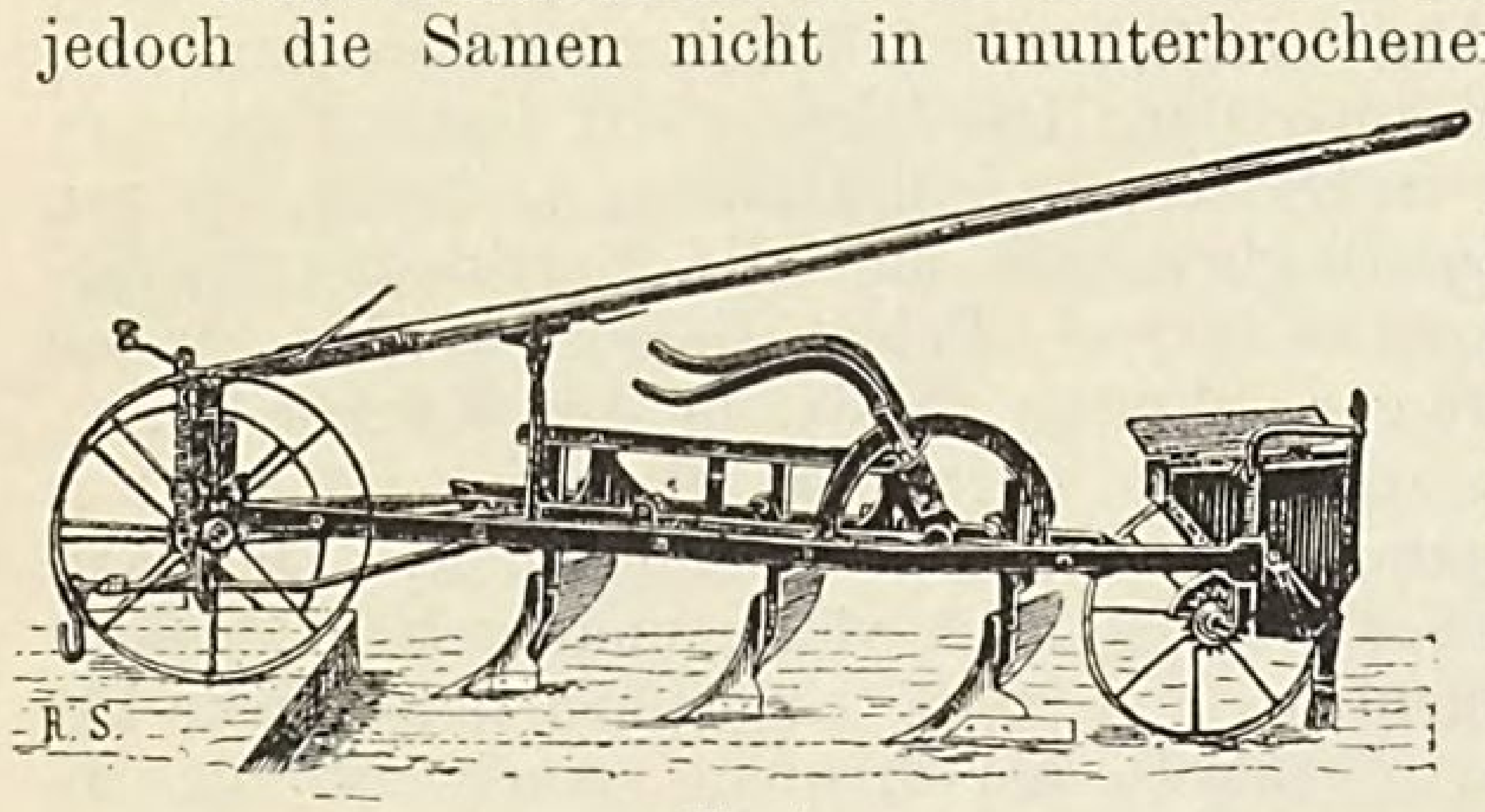


Fig. 1.

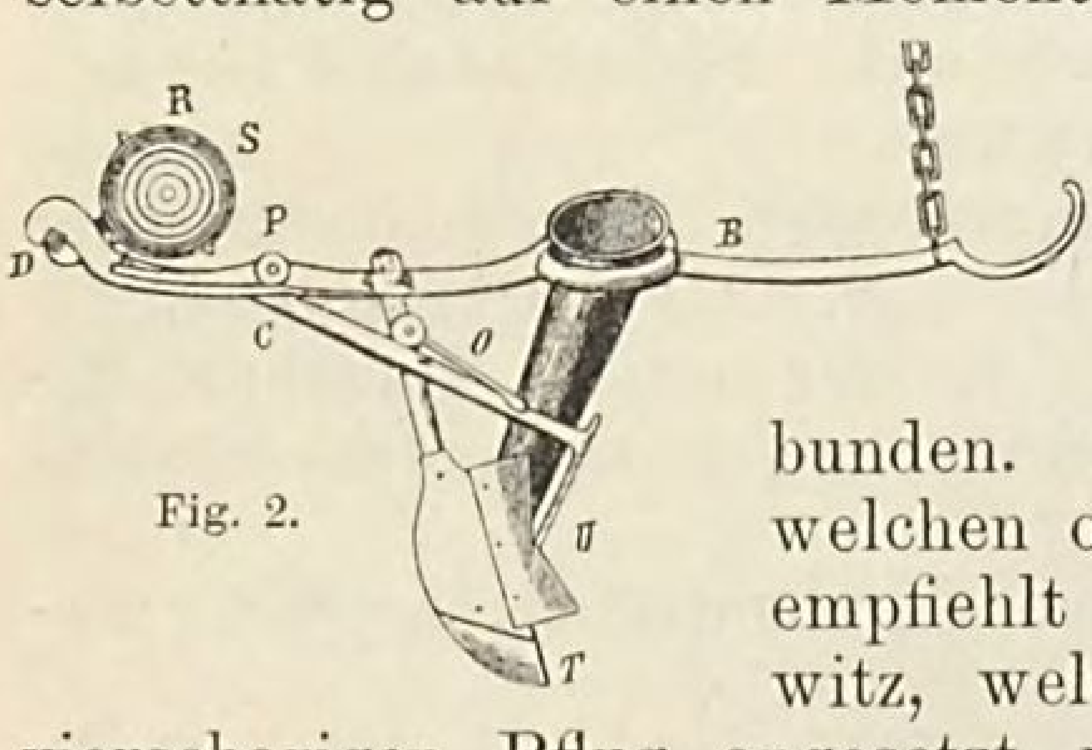


Fig. 2.

Damit dabei die Samen beisammen bleiben, wird diese Vorrichtung möglichst nahe über dem Boden angebracht. Man benützt entweder besondere Dibbelmaschinen oder ist die Dibbelvorrichtung mit der Reihensäemaschine verbunden. Für deutsche Verhältnisse und die Betriebe, in welchen ohnehin mehrscharige Pflüge in Verwendung sind, empfiehlt sich der Maisdibbler von R. Sack, Leipzig-Plagwitz, welcher an Stelle des hintersten Pflugkörpers am vierscharigen Pflug angesetzt wird (s. Fig. 1) und die Körner horstweise in die offene Furche legt. Preis des Dibbelapparates 36 Mk. Vollkommener ist die Einrichtung, wie sie sich z. B. an den Reihensäemaschinen von F. Zimmermann, Halle, befindet (s. Fig. 2). Die Bewegung wird auf das Sternrad *R* übertragen, dessen Spitzen *S* den Hebel *D* niederdrücken, wodurch die Klappe *U* sich hebt, die Körner austreten; sie schliesst sich aber durch den Druck der Feder *O* sofort wieder. Je nach der Zahl der Spitzen des Sternrades und seinem Umfang wird dann die Entfernung der Horste grösser oder kleiner. Sternrad und Uebersetzung können vor oder hinter den Scharen angebracht werden. *Strebel.*

Diceraskalk (Diceratenkalk), Kelheimer Marmorkalk, werden in der Geologie plumpe, undeutlich geschichtete oder grobbankige, oft oolithische, weisse, dichte Kalksteine der oberen weissen Juraformation (Malm) in der Gegend

zwischen Neuburg und Regensburg nördlich der Donau genannt; sie werden nach einer Muschel (Diceras) benannt, welche als charakteristisches Fossil ihnen eigen ist. Die in grossen Steinbrüchen bei Kelheim a. d. Donau in mächtigen Quadern und grossen Werkstücken gewonnenen Kalksteine wurden bei zahlreichen Monumentalbauten Münchens (Feldherrnhalle, Siegesthor u. s. w.) zu Säulen, Stufen und auch zu Denkmälern und Skulpturen verwendet. Sie besitzen grosse Festigkeit, überziehen sich aber leicht mit Flechten. Der Kalkstein von Ihrlesstein bei Kelheim besitzt eine mittlere Druckfestigkeit von 608—624 kg pro 1 qcm und kostet pro Kubikmeter und in Wagenladung frei Eisenbahn 50—200 Mk. je nach der Grösse. *Leppla.*

Dichroismus, Zweifarbigkeit, heisst die Eigenschaft mancher doppelbrechender Kristalle, in auf einander senkrechten Richtungen des durchgehenden Lichtes verschiedene Farben zu zeigen. Mehr oder weniger zeigen alle gefärbten doppelbrechenden Kristalle diese Eigenschaft, bezw. diejenige des Trichroismus, am auffallendsten der sogen. Dichroit (Cordierit). Ueber die Erklärung der Erscheinung s. Doppelbrechung, vgl. auch J. Müller, Lehrbuch der Physik und Meteorologie, 3. Aufl. von Pfaundler, Bd. 2, S. 657, Braunschweig 1879. *Aug. Schmidt.*

Dichroit, s. Cordierit.

Dichte (spezifische Masse). Die Massenpunktsysteme der Mechanik zerfallen in zwei Klassen: solche, welche Aggregate diskreter Punkte sind und solche, deren Punkte kontinuirlich zusammenhängen. Die letzteren heissen homogen, wenn alle Punkte von gleicher Masse sind, heterogen im Gegenfalle. Die Masse der Raumeinheit homogener kontinuirlicher Systeme heisst ihre Dichtigkeit oder Dichte, oder ihre spezifische Masse (von species, die Art und der Inbegriff der die Art eines Körpers betreffenden Eigenschaften). Der Ausdruck Dichte ist allgemeiner verbreitet, als der Ausdruck spezifische Masse. Ist m die Masse eines homogenen Systems, welche den Raum v erfüllt, so ist $\frac{m}{v}$ die Masse der Raumeinheit oder die Dichte. Für heterogene Massen versteht man unter Dichte in einem bestimmten Punkte den Grenzwert, dem sich $\frac{m}{v}$ für abnehmende, in jenen Punkt verschwindende m und v nähern. Statt m und v schreibt man dann dm und dv, indem man die verschwindende Masse und den verschwindenden Raum als Differentiale der Masse und des Raumes ansieht, deren unendlich kleine Aenderungen sie darstellen. Sie sind unendlich kleine körperliche oder Flächen- oder Linienelemente, je nachdem die Masse ein Volumen oder eine Fläche oder eine Linie erfüllt. Da die homogene Beschaffenheit ein spezieller Fall der heterogenen ist, so gilt für die Dichte ϱ allgemein die Formel: $\varrho = \frac{dm}{dv}$, welche $dm = \varrho\, dv$ und $dv = \frac{dm}{\varrho}$ nach sich zieht. Ist ϱ als eine Funktion der Koordinaten des Punktes gegeben, so kann die Masse, welche ein gegebenes Volumen, eine Fläche oder Linie enthält, durch Integration gefunden werden und wird durch ein dreifaches, doppeltes oder einfaches Integral dargestellt, je nachdem die Masse körperlich, flächenhaft oder linienartig ist. — Vergl. auch Dichtigkeit. *Schell.*

Dichte der Erde. Die Frage nach der mittleren Dichte der Erde, dem mittleren spezifischen Gewichte der ganzen innerhalb der Erdoberfläche befindlichen Masse (Volumen und Masse der Atmosphäre bleiben unberücksichtigt) ist nicht nur eine Grundfrage der Geophysik, sondern auch eine solche der Astrophysik, insofern die Massen der Sonne und der Planeten, sowie der Satelliten und auch derjenigen Fixsterne, welche Begleiter zeigen, von der Astronomie alle in Einheit der Erdmasse gemessen werden. Die Erdmasse aber ist nichts anderes als das Produkt aus dem Erdvolumen und der mittleren spezifischen Dichte der Erde. Schon die Prüfung des uns zugänglichen Teils der Erdkruste zeigt im grossen eine Zunahme der Dichte mit der Tiefe, so dass vermutet werden darf, die mittlere Dichte der Erde sei erheblich grösser als die mittlere Dichte der Kruste, welche man gleich 2,5 annehmen darf. Die Abplattung der Erde müsste entsprechend der Rotationsgeschwindigkeit nach Laplace $^1/_{231}$

betragen, wenn die Masse gleichartig wäre; der erheblich kleinere Wert von $^1/_{300}$ lässt ebenfalls vermuten, dass infolge der Dichtezunahme nach Innen die schwereren Teile der Erdkugel der Schwungkraft mehr entzogen seien.

Die verschiedenen Methoden der Bestimmung der Erddichte bezw. der Erdmasse lassen sich in zwei Gruppen teilen: a) in solche, welche die anziehende Wirkung einer bekannten Masse im Versuche selbst mit der Anziehung der Erde in Verbindung setzen, b) solche, die die Grösse der Anziehung zweier bekannten Massen in bekannter Entfernung auf einander messen, um alsdann aus dem Betrage der Beschleunigung der Schwere unter Berücksichtigung der Entfernung des Erdmittelpunktes die Erdmasse zu berechnen. Bei der ersteren Art von Wägungen der Erdmasse dient als Vergleichsmasse teils die Masse eines Berges, teils die Masse der Erdkruste bis zu bestimmter Tiefe. Maskelyne [1] benützt die schon von Bouguer und la Condamine im Jahre 1735 am Chimborasso beobachtete Lotablenkung, indem er aus der Abweichung des Polhöheunterschiedes zweier Stationen am Nord- und am Südabhang des Shehallien von dem normalen Betrag der Polhöhendifferenz der beiden Stationen, wie er sich aus deren Entfernung ergibt, das Verhältnis der Erdanziehung zur Berganziehung berechnet; Hutton berechnet aus Maskelynes Messungen im Jahre 1778 die Zahl 4,95 als Dichte der Erde. Playfaires Revision der Massebestimmung des Berges [2] ergab die Zahl 4,713. Eine ähnliche Bestimmung der Erddichte aus der Lotablenkung des Berges Arthurs Seat bei Edinburg ergab im Jahre 1856 dem Engländer James [3] die Zahl 5,32. Ein zweites Verfahren ist das des Mailänders Carlini [4], welcher 1824 die Masse des Mont Cenis mit derjenigen der Erde verglich. Er ermittelte mittelst des Reversionspendels auf dem Gipfel des Berges die Beschleunigung g der Schwere, reduzirte die Zahl auf Meereshöhe und subtrahirte vom so gefundenen Wert den aus Biots Beobachtungen berechneten theoretischen Wert, der der geographischen Breite des Mont Cenis entsprach. Der Unterschied ergab den Betrag der Pendelbeschleunigung durch den Berg, dessen Masse als Kugelkalotte berechnet wurde. Carlini fand die Zahl 4,39, die Revision seiner Rechnung ergab 4,837. Eine analoge Bestimmung führte 1881 Mendenhall, der in Japan auf dem Fusinoyama Pendelbeobachtungen anstellte [5], auf die Zahl 5,77. Viel grössere Vergleichsmassen liefert ein im Jahr 1826 von M. W. Drobisch in Leipzig vorgeschlagenes Verfahren [6]. Dasselbe beruht auf dem theoretischen Satze, dass ein Massenpunkt in dem von einer homogenen Kugelschale umschlossenen Raum nirgends einer Anziehung durch die Schale unterliegt. Bestimmt man die Beschleunigung der Schwere durch Pendelbeobachtungen auf dem Grunde eines Bergwerksschachtes von der Tiefe h und reduzirt man die im Abstande $R-h$ vom Erdmittelpunkt erhaltene Beschleunigung auf den Abstand R des Schachteinganges vom Erdmittelpunkt, so ergibt die Vergleichung dieses Wertes mit der am Schachteingange beobachteten Beschleunigung der Schwere als Differenz diejenige Beschleunigung, welche eine Schale der Erdkruste von der Dicke h hervorbringt. Der Anziehungsmittelpunkt der Schale ist wie für die ganze Erdmasse der Erdmittelpunkt. Der Astronom Airy fand 1856 nach diesem Verfahren die Zahl 6,566 [7]. Oberst von Sterneck fand nach derselben Methode 1882 im Mittel verschiedener Versuche [8] den Wert 5,77, bezw. fand Helmert [9] 5,71. Diese Methoden leiden an der Schwierigkeit genauer Bestimmung der Vergleichsmassen, besonders auch wegen des Einflusses der lokalen Unregelmässigkeiten in der Tiefe der Erdkruste, der dort vorhandenen Massenüberschüsse und Massendefekte (s. Schwere). Von der ungenauen Bestimmung der Vergleichsmassen frei sind diejenigen Methoden der Erddichtebestimmung, welche die Dichte der Erde aus der Gravitationskonstanten ableiten unter experimenteller Bestimmung der letzteren. Die Anziehung zweier Kugeln von den Massen m_1 und m_2 gr, und der Entfernung gleich e cm beträgt nach dem Gesetze Newtons $A\frac{m_1 m_2}{e^2}$ Dynen. Würde man den Wert der Konstanten A kennen, so dürfte man nur für m_2 den Wert $m_2 = 1$, für e den Wert des Erdradius in cm und als Wert der Anziehung 981 Dynen (gleich einem Grammgewicht) einsetzen, so würde sich die unbekannte Masse m_1 der Erde in Grammen ergeben. Cavendish [10] fand 1798 mit der Drehwage (Torsionswage) für die Dichte der Erde 5,48, Baily [11] 1843 die Zahl 5,66, Reich [12] 1838 die Zahl 5,44, derselbe 1852 mit der Bifilarwage die Zahl 5,583, Cornu und Baille [13] 1873 mit der Drehwage $5{,}56 \pm 0{,}0125$. Mittelst der zweiarmigen Wage fand 1880 Jolly in München [14] $5{,}692 \pm 0{,}068$ und 1879 Poynting in Manchester [15] $5{,}69 \pm 0{,}15$, derselbe 1891 die Zahl 5,4934. Mittelst seiner Pendelwage fand Wilsing in Potsdam 1887 [16] die Zahl $5{,}594 \pm 0{,}032$ und 1889 [17] die Zahl $5{,}577 \pm 0{,}013$. Das Mittel der letzteren Zahlen stimmt mit der Bestimmung Reichs und ergibt 5,583 als wahrscheinlichsten Wert der mittleren Erddichte, entsprechend einem Werte der Gravitationskonstante $A = 6{,}6 \cdot 10^{-8}$. Nach der theoretischen Untersuchung von F. M. Stapff [18] nimmt die Dichte der Erde von aussen nach innen zu von dem Werte 2,8 aussen bis zum Werte 11,9 im Erdmittelpunkte. Betreffs der allgemeinen Theorie des Problems der Erddichte sei verwiesen auf [9], [19] bis [22].

Litteratur: [1] Maskelyne, Account of observations etc. Philos. Transact. 1775 und Hutton, Survey of the Shehallien etc., Philos. Transact. 1778. — [2] Playfaire, Account of a lithological survey of Shehallien. Philos. Transactions 1811. — [3] James, On the mean specific gravity of the earth. Philos. Transact. 1856. — [4] Osservazioni della lunghezza del pendolo etc. Efemeridi di Milano, appendice, 1824. — [5] Transactions of the Seismol. Society of Japan, vol. 2, S. 39, Juli-Dezember 1880. — [6] Drobisch, „De vera lunae figura etc., annexa appendice de interiori terrae natura“, Leipzig 1826, und „Ueber die in den Minen von Dolcath angestellten Pendelbeobachtungen“, Pogg. Ann., Bd. 10, S. 444, 1827. — [7] Airy, Philos. Transact. 1856, und Pogg. Ann., Bd. 97, S. 599, 1856. — [8] R. v. Sterneck, Untersuchungen über die Schwere etc. Mitteilungen des kais. österr. militärgeogr. Instituts, Bd. 2, Wien 1882. — [9] Helmert, Die math. und phys. Theorien der höheren Geodäsie, Bd. 2, S. 493, Leipzig 1880—84. — [10] Cavendish.

Experiments to determine etc. Philos. Transact. 1798. — [11] Baily, Experiments with the torsion rood for determining the mean density of the earth, London 1843. — [12] Reich, Versuche über die mittlere Dichte der Erde mittelst der Drehwage, Freiberg 1838, und Neue Versuche mit der Drehwage, Abh. d. math.-phys. Klasse d. k. sächs. Akad. d. Wissenschaften, Bd. 1, 1852. — [13] Cornu et Baille, Determ. nouvelle etc. Comptes rendus, Bd. 86, 1878. — [14] Jolly, Die Anwendung der Wage auf Probleme der Gravitation, Abh. d. math.-phys. Klasse d. k. bayr. Akad. d. Wissenschaften, Bd. 13 und 14, München 1880 und 1883, und Wied. Ann., Bd. 14, S. 321, 1881. — [15] Poynting, Beiblätter zu Wied. Ann., Bd. 3, S. 559, 1877, und Philos. Transact. 1891. — [16] Publikationen des astrophys. Observatoriums zu Potsdam, Nr. 22, VI. 2, S. 35—127, 1887. — [17] Publ. des astrophys. Observatoriums zu Potsdam, Nr. 23, 6, S. 133—191, 1889. — [18] J. M. Stapff, Ueber die Zunahme der Dichte der Erde nach ihrem Innern, Gerland, Beiträge zur Geophysik, Bd. 2, 1., Stuttgart 1894. — [19] R. Wolf, Handbuch der Astronomie, ihrer Geschichte und Litteratur, Bd. 2, Zürich 1890—1893. — [20] G. Fresdorf, Die Methoden zur Bestimmung der mittl. Dichte der Erde, wissensch. Beilage zum Jahresbericht des Gymnasiums zu Weissenburg, Weissenburg i. E. 1894. — [21] Wüllner, Lehrbuch der Experimentalphysik, Bd. 1, S. 181—190. Leipzig 1895. — [22] Günther, Handbuch der mathemat. Geogr., Stuttgart 1890, S. 344—456.

Aug. Schmidt.

Dichteisen (Kalfateisen), Werkzeug des Schiffszimmermanns, welches dazu dient, beim Dichten von Plankennähten das Werg in die Nähte zu schlagen.

Dichtigkeit, Dichte. Die Ausdrücke „Dichtigkeit“ oder „Dichte“ und „spezifisches Gewicht“ werden in der Litteratur verschieden angewendet.

Es sei γ das Gewicht der Volumeneinheit eines Körpers, $\mu = \frac{\gamma}{g}$ die Masse der Volumeneinheit, $\delta = \frac{\gamma}{\gamma_0} = \frac{\mu}{\mu_0}$ das Verhältnis jenes Gewichts γ oder dieser Masse μ zu dem Gewicht γ_0 bezw. der Masse μ_0 der Volumeneinheit eines bestimmten Körpers, z. B. reinen Wassers von 4° C. (im luftleeren Raum, s. Gewicht), dann wird γ in den Lehrbüchern meist von vornherein spezifisches Gewicht genannt (Grashof, Lang, Mousson, Weissbach, Winkelmann, Wüllner, Zeuner u. s. w.), mitunter jedoch auch absolutes spezifisches Gewicht (Violle); δ führen manche als Dichtigkeit ein (Grashof, Weissbach u. s. w.), andere als spezifisches Gewicht (Lommel, Recknagel u. s. w.), einzelne auch als relatives spezifisches Gewicht (Violle) oder als relatives Gewicht (Zeuner); μ wird gewöhnlich als Dichtigkeit bezeichnet (Kirchhoff, Lang, Mousson, Thomson und Tait, Winkelmann u. s. w.), manchmal auch als absolute Dichtigkeit (Börner, Violle u. s. w.) oder als spezifische Masse (Grashof). Fast alle Autoren im Gebiete der Physik führen durch die Wahl $\gamma_0 = 1$ in $\delta = \frac{\gamma}{\gamma_0}$ Uebereinstimmung der Zahlenwerte von γ und δ herbei und bezeichnen diese Grösse dann bald als spezifisches Gewicht, bald als Dichtigkeit oder Dichte. Bei Wüllner sind die Begriffe spezifisches Gewicht und Dichtigkeit überhaupt nicht verschieden, obschon er, wie üblich, nur für feste und flüssige Körper $\gamma = 1$ wählt, [1], Bd. 1, S. 132, Bd. 2, S. 179, 794. Bei Winkelmann sind zunächst γ spezifisches Gewicht, $\mu = \frac{\gamma}{g}$ Dichte genannt, deren Verhältnis an einem bestimmten Orte g ist. „Man pflegt nun meist von diesem Proportionalitätsfaktor abzusehen und die Begriffe spezifisches Gewicht und Dichte zu identifiziren.“ Für feste und flüssige Körper wird denn auch hiernach verfahren, für Gase und Dämpfe jedoch wieder eine Unterscheidung von spezifischem Gewicht und Dichte (Gasdichte, Dampfdichte) eingeführt, je nachdem γ_0 auf Luft von 0° C. Temperatur und 760 mm Quecksilbersäule Druck oder auf Luft von gleicher Temperatur und gleichem Druck wie die betreffende Gas- oder Dampfart bezogen wird, [2], S. 136, 147. Bei Violle heisst γ das spezifische Gewicht, speziell aber das absolute spezifische Gewicht, μ die absolute Dichte, δ das relative spezifische Gewicht $\frac{\gamma}{\gamma_0}$ gleich der relativen Dichte $\frac{\mu}{\mu_0}$. „Für diese relativen Werte, die man praktisch gewöhnlich allein berücksichtigt, wendet man dann einfach die Bezeichnungen spezifisches Gewicht oder Dichte an,“ [3], S. 549. — Angesichts dieser Verschiedenheiten muss eine Wahl getroffen werden. Da nun das Beiwort „spezifisch“ in anderen Fällen den Wert der in Frage kommenden Grösse in Bezug auf irgend eine Einheit andeutet (spezifisches Volumen, spezifische Wärme, spezifische Dampfmenge, spezifischer Zug, Druck u. s. w.), so werden wir es auch hier nicht anders verwenden. Demgemäss mögen folgende in der Technik bereits sehr gebräuchlichen Definitionen gelten (vgl. insbesondere [4], S. 9, 104).

Das spezifische Volumen v eines Körpers ist das Volumen der Gewichtseinheit, das spezifische Gewicht γ das Gewicht der Volumeneinheit und die spezifische Masse $\mu = \frac{\gamma}{g}$ die Masse der Volumeneinheit. Bezeichnen G das Gesamtgewicht und V das Gesamtvolumen eines Körpers, so hat man allgemein:

$$G = V\gamma = \frac{V}{v} = V\mu g, \qquad 1 = v\gamma = v\mu g. \qquad 1.$$

Die Dichtigkeit eines Körpers K in Hinsicht eines andern Körpers K_0 ist das Verhältnis der betreffenden spezifischen Gewichte:

$$\delta = \frac{\gamma}{\gamma_0} = \frac{\mu}{\mu_0} = \frac{v_0}{v}, \qquad 2.$$

bei gleichem Volumen, also auch der Gesamtgewichte, $G:G_0$. Wird als Körper K_0 reines Wasser von 4° C. Temperatur gewählt (s. Dichtigkeitsmaximum), wie dies im folgenden für feste und flüssige Körper geschehen soll, so erhält man für die Dichtigkeit diejenigen Zahlen, welche in vielen Werken als spezifische Gewichte angeführt sind. Dieselben stimmen nach 2. mit dem spezifischen Gewichte γ als Gewicht der Volumeneinheit nur dann überein, wenn $\gamma_0 = 1$ ist, also beispielsweise wenn als Volumeneinheit und Gewichtseinheit das Kubikdezimeter und Kilogramm oder das Kubikcentimeter und Gramm gewählt werden (auch im absoluten Masssystem, s. d.). Sollen dagegen, wie in der Technik gebräuchlicher, Kubikmeter und Kilogramm als Einheiten gelten, so sind wegen $\gamma_0 = 1000$ kg die spezifischen Gewichte $\gamma = 1000\ \delta$. Die Dichtigkeiten sind nach 2. unabhängig vom Orte, da die spezifischen Massen μ, μ_0 nicht von der Acceleration g abhängen und die spezifischen Gewichte γ, γ_0 sich immer mit g in gleichem Verhältnisse ändern. Dagegen sind die erwähnten Dichtigkeiten in Bezug auf Wasser etwas von der Temperatur abhängig, weil das Volumen V und damit nach 1. das spezifische Gewicht γ sich mit der Erwärmung ändert (s. Ausdehnung, Ausdehnungskoefficient), während $\gamma_0 = 1000$ kg sich auf die Temperatur von 4° C. bezieht. γ ist für diese Dichtigkeiten, genau genommen, auf den luftleeren Raum zu beziehen, welchem auch γ_0 und die Bezeichnungen unserer Gewichtsstücke entsprechen, weil sonst der mit dem Barometer- und Thermometerstand wechselnde Auftrieb der Luft kleine Aenderungen bedingt; doch werden für technische Zwecke genügend genaue γ, δ fester und flüssiger Körper im allgemeinen schon durch die gewöhnlichen Wägungen in der Luft erhalten. Ueber die verschiedenen Bestimmungsmethoden der Dichtigkeiten s. u. a. [1], Bd. 1, S. 351, 355, und Bd. 2, S. 173, 179, 794; [2], S. 136; [3], Bd. 2, S. 550.

Die Tabelle der Dichtigkeiten fester Körper S. 298 enthält in der ersten Kolumne Mittelwerte oder zuverlässig bestimmte Einzelwerte von δ, während die zweite Kolumne bekannten Verschiedenheiten Rechnung trägt, ohne die nur ausnahmsweise auftretenden Werte umfassen zu wollen. Die Zahlen beziehen sich meist auf Temperaturen zwischen 0 und 20° C.; genauere Temperaturangaben wären der häufig fehlenden Feststellung wegen sehr lückenhaft ausgefallen. Entsprechend der so verbleibenden Unsicherheit und den möglichen Verschiedenheiten sind die Dichtigkeiten fester Körper nur auf zwei Dezimalen angegeben, während in der untenstehenden Tabelle für Flüssigkeiten im allgemeinen die Temperaturen beigesetzt und drei Dezimalen berücksichtigt wurden. Weitere Angaben findet man u. a. in den unten genannten Schriften [5] bis [11]. Wenn es sich um die Eigenschaften von Steinen oder anderen Konstruktionsmaterialien eines bestimmten Landes handelt, zieht man oft zweckmässig die Publikationen der betreffenden staatlichen Versuchsanstalt zu Rate.

Dichtigkeiten flüssiger Körper in Bezug auf Wasser von 4° C.

Flüssigkeit	Temperat. t	Dichtigkeit δ	Flüssigkeit	Temperat. t	Dichtigkeit δ
Aceton (Essiggeist) 0,814—0,819	0	0,816	Baldrianöl	16	0,965
Aether (Aethyläther, Schwefeläther)	0	0,736	Baumöl (Olivenöl, Provenceröl)	15	0,918
Aldehyd	0	0,801	Baumwollensamenöl	15	0,926
Alkohol (wasserfrei, Tabellen für wasserhaltigen s. [7], S. 223)	0	0,80625	Beinöl	15	0,935
"	5	0,80207	Benzin, 0,68—0,70	15	0,690
"	10	0,79788	Benzol	0	0,900
"	15	0,79367	"	20	0,880
"	20	0,78945	Bergteer	15	1,130
"	25	0,78522	Bernsteinöl	15	0,800
"	30	0,78096	Bier, 1,023—1,035	—	1,025
Allylalkohol	20	0,853	Blausäure	—	0,705
Allylsenföl	10	1,017	Blei (Schmelzpunkt 330°) 10,370—10,645	—	10,507
Ameisensäure	0	1,245	Blut, menschliches	—	1,054
"	20	1,220	Brom	0	3,187
Ammoniak (ca. 5 Atm. Druck)	0	0,636	Buchöl	15	0,921
Amylalkohol	0	0,825	Buttersäure	0	0,989
Anilin	0	1,035	"	20	0,959
"	20	1,022	Butylalkohol	0	0,823
Anisöl	16	0,996	Chlor (ca. 4 Atm. Druck)	0	1,469
Apfelwein	—	1,018	Chloroform	0	1,526
			Delphinthran	—	0,918

Flüssigkeit	Temperat. t	Dichtigkeit δ
Eisen (Schmelzp. rein ca. 1600°, Gusseisen 1050—1250°, Stahl 1300—1400°)	—	6,880
Eiweiss	15°	1,041
Essigsäure	0	1,080
"	20	1,052
Fenchelöl	—	0,997
Fischthran	—	0,925
Fuselöl	—	0 822
Glycerin	15	1,260
Haifischthran	—	0,872
Harn, menschlicher, 1,005—1,030	—	1,017
Harzöl	15	0,955
Holzgeist	0	0,800
Honig	—	1,450
Kadmium (Schmelzpunkt 316°)	—	7,989
Kalium (Schmelzpunkt 60°)	—	0,830
Kampheröl	—	0,910
Karbolsäure (Phenol), roh 0,950 bis 0,965	15	0,957
Karbolsäure, rein (Schmelzp. 40°)		1,066
Kienöl	15	0,855
Klauenfett	15	0,916
Kochsalzlauge, gesättigt	17	1.210
Kohlensäure (26,76 Atm. Druck)	—10	0,9952
" (30,84 " ")	— 5	0,9710
" (35,40 " ")	0	0,9471
" (40,47 " ")	5	0,9222
" (46,05 " ")	10	0,8948
" (52,17 " ")	15	0,8635
" (58,84 " ")	20	0,8267
" (66,07 " ")	25	0,7831
Kohlsaatöl, roh oder raffinirt		0,914
Kokosnussöl	15	0,925
Kopaivbalsam		0,992
Kreosotöl, 1,040—1,100	15	1.070
Kuhmilch	0	1,032
Kümmel		0,975
Kupfer (Schmelzpunkt 1100°)		8.217
Lavendelöl	16	0,877
Leberthran		0,922
Leinöl, roh		0,930
" gekocht	15	0,942
Mandelöl		0,919
Meerwasser (totes Meer 1,212)		1.026
Methylalkohol	0	0,818
Milch, 1,020—1,041		1.032
Mineralschmieröle, 0,890—0,930	20	0.910
Mohnöl	15	0,925
Naphtha (Petroleum-)	19	0,758
Natrium (Schmelzpunkt 95°)		0,929
Nitroglycerin	15	1,598
Nussöl		0,947
Oelsäure	14	0,899
Olivenöl (Baumöl, Provenceröl)	15	0,918
Palmöl	15	0,905
Paraffingasöl, 0,840—0,900		0.870
Petroleum (zum Leuchten meist 0,790—0,810, roh 0,760—0,920)	15	0,800
Petroleumäther, 0,665—0,700		0,675
Petroleumbenzin, 0,680—0,700	15	0,690
Petroleumessenz, 0,605—0,670		0.638
Petroleumnaphtha	19	0,758
Phosphor (Schmelzpunkt 44°,4)		1,755
Photogen, 0,780—0,850	15	0,815
Pottfischthran		0.884
Putzöl (Petroleumsprit)	15	0,745
Quecksilber (nach Regnault)	0	13,59593
Quecksilber, (nach Regnault und Volkmann, vergl. Wied. Ann. 1881, XIII, S. 209)	0	13,5953
Quecksilber (ausführlichere Tabell. s. [7], S. 40, 41)	5	13,5833
Quecksilber	10	13,5709
"	15	13,5586
"	20	13,5463
"	25	13,5341
"	50	13,4731
"	100	13,3524
"	150	13.2331
"	200	13,1150
"	250	12,9976
"	300	12,8807
"	350	12,7640
Rapsöl, roh	15	0,915
" raffinirt	15	0,913
Ricinusöl	12	0,969
"	25	0,957
Robbenthran		0,915
Rosenöl	32	0,832
Rüböl, roh	15	0 915
" raffinirt	15	0,912
Salmiakgeist, 9,75 % Gehalt		0,960
" 19,54 % "		0,925
Salpetersäure, rauchend	15	1,480
" roh (40° Bé)		1.380
Salzsäure, rauchend	15	1,210
" roh (20° Bé)		1.145
Schwefel (Schmelzpunkt 115°)		1,811
Schwefeläther s. Aether.		
Schwefelkohlenstoff	0	1,292
Schwefelsäure, rauchend	15	1,890
" englische konzentrirte (66° Bé)		1,840
Schweflige Säure	—20	1,491
Silber (Schmelzpunkt 960°)		9,510
Solaröl, 0,825—0,850		0,838
Specköl (Schmalzöl)	15	0,920
Steinkohlenteer		1,195
Terpentinöl	16	0.873
Thran (s. spezielle Sorten) i. Mittel	15	0,915
Wagenschmiere		1,012
Walfischthran, 0,910—0,925	15	0,918
Wasser (nach Rosetti, ausführl. Tab. s. [1], Bd.1, S.77 u. [7], S.37)	4	1,00000
Wasser	0	0,99987
"	20	0,99826
"	40	0,99235
"	60	0,98338
"	80	0,97194
"	100	0,95886
" (nach Hirn, Druck 10,5 m Quecksilbersäule plus Barometerstand, vergl. [1], II, S. 85)	120	0,94347
Wasser	140	0,92636
"	160	0,90786
"	180	0,88748
"	200	0,86282
Wein (Mosel 0,916 bis Tokayer 1,054) im Mittel		1,010
Wismut (Schmelzpunkt 260°)		10,039
Ziegenmilch		1,034
Zink (Schmelzpunkt 412°)		6,480
Zinksulfatlösung, konzentrirt		1,440
Zinn (Schmelzpunkt 230°)		7,025
Zitronenöl	0	0,852

Dichtigkeiten fester Körper in Bezug auf Wasser von 4° C.

Körper	Dichtigkeiten δ mittlere	Dichtigkeiten δ verschiedene
Achat	2,60	2,55 — 2,81
Aetzkali, trocken	2,10	
Aetznatron, 22,2 % Wasser	2,00	
Ahornholz, trocken	0,65	0,60 — 0,80
„ grün	0,90	0,83 — 1,05
Akazienholz, trocken	0,68	0,58 — 0,85
„ grün	0,88	0,75 — 1,00
Alabaster	2,66	2,25 — 2,87
Alaun	1,71	1,70 — 1,72
Alaunschiefer	2,46	2,34 — 2,59
Alaunstein	2,64	2,42 — 2,80
Aluminium	2,60	2,56 — 2,80
„ gegossen	2,56	
„ gewalzt	2,66	2,62 — 2,80
„ gehämmert	2,75	2,70 — 2,80
„ rein	2,58	
Aluminiumbronze, 90 *Cu* 10 *Al*	7,69	
„ 95 „ 5 „	8,37	
Aluminiummessing, 97 *Cu* 3 *Al*	8,69	
Aluminiumzinn	2,85	
Amalgam, natürliches	13,80	13,70 — 14,10
Amethyst	2,66	2,65 — 2,75
Anamesit	3,00	2,90 — 3,08
Anthracit, Stück	1,50	1,30 — 1,80
„ geschüttet	0,95	0,91 — 0,99
Antimon	6,71	6,70 — 6,72
Antimon-Blei, 84 *Pb* 16 *Sb*	10,14	
Antimonblende	4,60	
Antimonglanz	4,60	4,10 — 4,70
Antimonoxyd	5,67	5,56 — 5,78
Apatit	3,18	3,12 — 3,22
Apfelbaumholz, trocken	0,74	0,66 — 0,84
„ grün	1,10	0,95 — 1,26
Aprikosenbaumholz, trock.	0,79	0,71 — 0,87
Aragonit	2,94	2,92 - 3,00
Argentan s. Neusilber.		
Arsen	5,70	5,63 — 5,76
Arsenige Säure	3,71	3,69 — 3,74
Asbest	2,30	1,50 — 2,80
Asbestpappe	1,20	
Asphalt	1,20	1,07 — 1,50
Asphaltpflaster	2,30	2,20 — 2,40
Auripigment s. Operment.		
Backstein s. Ziegel.		
Baryum	3,80	3,75 — 3,85
Basalt	3,00	2,70 — 3,30
„ 35 Proben Pflastermaterial (München)	2,98	2,80 — 3,34
Basaltlava, rheinische	2,30	2,05 — 2,46
Bergkristall	2,66	2,60 — 2,88
Bernstein	1,08	1,07 — 1,09
Beryll	2,50	2,25 — 2,75
Beryllium	2,00	1,85 — 2,13
Beton	2,25	1,80 — 2,40
„ 88 Prob., Mischungen verschied. (München)	2,38	1,51 — 2,54
„ 16 Proben, 6 Misch. m. Blaubeuren. Portlandzement (Stuttgart)	2,40	2,37 — 2,43
„ 16 Proben, 6 Misch. mit Laufener Portlandzement (Stuttgart)	2,39	2,33 — 2,46
Beton, 11 Prob., 5 Misch. m. Portlandzement (Wien)	2,24	2,10 — 2,33
Bimstein, natürlicher	0,64	0,37 — 0,91
„ Wiener	2,35	2,20 — 2,50
Birkenholz, trocken	0,72	0,51 — 0,77
„ grün	0,90	0,80 — 1,09
Birnbaumholz, trocken	0,68	0,61 — 0,73
„ grün	1,00	0,96 — 1,07
Bittersalz, kristallisirt	1,75	1,70 — 1,80
„ wasserfrei	2,60	
Blätterkohle	1,35	1,20 — 1,50
Blei	11,36	11,22 — 11,44
„ gegossen	11,34	
„ gewalzt	11,38	
„ gezogen	11,41	
Blei-Amalgam	12,40	12,00 — 12,80
Bleiglanz	7,50	7,30 — 7,70
Bleiglätte, natürliche	7,90	7,83 — 7,98
„ künstliche	9,40	9,30 — 9,50
Bleiweiss, Stück	6,71	6,70 — 6,73
„ Pulver	3,15	
Bleizucker	2,40	2,39 — 2,41
Blutlaugensalz, gelbes	1,83	
Bohnen, in Gefässen	0,86	
Bolus, Stück	2,38	2,05 — 2,71
Bor	2,60	2,50 — 2,70
Boracit	2,95	2,90 — 3,00
Borax	1,75	1,70 — 1,80
Boraxglas	2,60	
Borsäure	1,45	1,43 — 1,48
Brauneisenstein	3,67	3,40 — 3,95
Braunkohle, Stück	1,30	1,10 — 1,44
„ geschüttet	0,78	
Braunstein	4,30	3,70 — 4,90
Brechweinstein	2,45	
Breccin	2,60	2,50 — 2,76
Britanniametall, 90 *Sn* 10 *Sb*	7,21	
Brom	3,15	
Bronze, 75—96 *Cu*, 25—4 *Sn*	8,80	8,75 — 8,87
Buchenholz, trocken	0,73	0,62 — 0,83
„ grün	1,00	0,85 — 1,25
Buchsbaumholz, trocken	1,03	0,91 — 1,16
„ grün	1,26	1,20 — 1,32
Butter	0,94	0,87 — 0,95
Caesium	1,88	
Calcium	1,57	1,56 — 1,58
Cer	6,68	6,63 — 6,73
Chilisalpeter (Natronsalp.)	2,10	1,95 — 2,26
Chilisalpeter, geschüttet	1,00	
Chlorbaryum, kristallisirt	3,70	
Chrom	6,50	6,20 — 6,80
Chromgelb	6,00	
Coelestin	3,90	
Cypressenholz	0,62	0,60 — 0,64
Dachschiefer	2,67	2,65 — 2,70
Deltametall	8,60	
Diabas	2,95	
Diamant	3,52	3,49 — 3,55
Didym	6,54	
Diorit	2,85	2,70 — 2,95
Dolerit	2,85	2,45 — 3,09
Dolomit	2,75	2,44 — 2,90
Doppelchromsaures Kali	2,70	
Ebenholz, schwarzes	1,19	
„ grünes	1,21	
Ebereschenholz, trocken	0,79	0,69 — 0,89

Körper	Dichtigkeiten δ mittlere	Dichtigkeiten δ verschiedene
Ebereschenholz, grün . .	1,00	0,87 — 1,13
Eichenholz, trocken . .	0,80	0,61 — 1,03
„ grün . . .	1,05	0,93 — 1,28
„ 20 Proben für Parketböden .	0,78	0,65 — 0,89
Eis bei 0° C. (Wied. Ann. 1892, XLVII, S. 161)	0,91666	
Eisen, reines	7,86	7,84 — 7,88
Eisendraht	7,70	7,60 — 7,80
Eisenglanz	5,00	4,80 — 5,20
Eisenvitriol, kristall. . .	1,88	1,86 — 1,90
Elfenbein	1,88	1,82 — 1,92
Englisch-Rot	3,65	3,50 — 3,80
Erbsen, in Gefässen . .	0,85	
Erde, lose trocken . . .	1,20	1,12 — 1,28
„ „ frisch . . .	1,40	
„ festgestampft trock.	1,80	1,60 — 1,92
„ „ frisch	2,10	[illegible],00 — 2,20
Erlenholz, trocken . . .	0,55	0,42 — 0,68
„ grün	0,82	0,63 — 1,01
Eschenholz, trocken . .	0,75	0,57 — 0,94
„ grün . . .	0,92	0,70 — 1,14
Eurit	2,70	2,54 — 2,86
Fahlerze	4,86	4,36 — 5,36
Feldspat	2,53	2,43 — 2,63
Fensterglas	2,55	2,45 — 2,65
Fett, tierisches	0,93	0,92 — 0,94
Feuerstein	2,70	2,58 — 2,80
Fichtenharz	1,07	
Fichtenholz, trocken . .	0,48	0,35 — 0,60
„ grün . . .	0,74	0,40 — 1,07
Flaschenglas	2,70	2,60 — 2,76
Flintglas	3,50	3,16 — 3,78
Flusseisen	7,85	7,70 — 7,90
Flussspat	3,15	3,10 — 3,20
Flussstahl	7,86	7,70 — 8,00
Föhrenholz, s. Kiefernholz.		
Formsand, lose geschüttet	1,20	
„ eingestampft .	1,65	
Fruchtgummi	1,60	
Gabbro	2,95	2,90 — 3,00
Gallium	5,95	5,94 — 5,96
Galmei	4,30	4,10 — 4,50
Gaskohle	1,88	
Germanium	5,47	
Gerste, geschüttet . . .	0,60	0,51 — 0,69
Getreideschüttung . . .	0,66	0,43 — 0,81
Gips, kristallisirt . . .	2,25	2,17 — 2,31
„ gebrannt	1,80	
„ gesiebt	1,25	1,24 — 1,26
„ gegossen, trocken .	0,97	
Glanzkohle	1,35	1,20 — 1,50
Glas, gewöhnliches . . .	2,55	2,40 — 2,70
Glaubersalz, natürliches .	1,45	1,40 — 1,50
„ wasserfrei, krist.	2,54	2,46 — 2,63
Glimmer	2,80	2,45 — 3,15
Glockenmetall	8,80	8,76 — 8,84
Gneiss	2,60	2,40 — 2,90
Gold	19,33	19,25 — 19,40
„ gegossen	19,28	
„ gehämmert . . .	19,33	
„ gezogen	19,38	
Gold-Amalgam	15,40	
Gold-Kupfer, 98 *Au* 2 *Cu*	18,84	
92 „ 8 „	17,52	
86 „ 14 „	16,46	
Granat	3,70	3,40 — 4,30
Granit	2,65	2,40 — 2,80

Körper	Dichtigkeiten δ mittlere	Dichtigkeiten δ verschiedene
Granit, bayer., 10 Proben	2,68	2,61 — 2,76
„ 79 Proben Pflastermaterial (München)	2,63	2,46 — 2,78
Graphit	2,10	1,90 — 2,32
Grauspiessglanz	4,65	4,60 — 4,70
Grünstein	2,95	2,90 — 3,00
Gummi arabicum . . .	1,45	1,31 — 1,60
„ elasticum (Kautschuk)	0,94	0,92 — 0,96
Gummifabrikate	1,50	1,00 — 2,00
Gummigutt	1,20	
Gusseisen	7,25	7,00 — 7,50
Guttapercha	0,97	0,96 — 0,99
Hafer, geschüttet . . .	0,48	0,43 — 0,53
Hainbuchenholz, trocken .	0,72	0,62 — 0,82
„ grün . .	1,08	0,92 — 1,25
Hanfsamen, geschüttet .	0,58	0,50 — 0,67
Hartriegelholz, trocken .	0,79	0,77 — 0,81
„ grün . .	1,03	0,96 — 1,09
Haselnussholz, trocken .	0,60	
Harz (Fichten-)	1,07	
Hickoryholz, trocken . .	0,75	0,60 — 0,90
Hirse, in Gefässen . . .	0,66	0,62 — 0,70
Hochofenschlacke . . .	2,75	2,50 — 3,00
Holzfaser	1,50	1,46 — 1,53
Holzkohle, Nadelholz, Stck.	0,36	0,28 — 0,44
„ „ Schüttung	0,16	0,12 — 0,20
„ Eiche, Buche, Stck.	0,50	
„ „ „ Schüttg.	0,24	0,23 — 0,25
„ Stck., wassergefüllt	1,45	1,40 — 1,50
Holunderholz, trocken . .	0,70	
Horn	1,75	
Hornblende	2,80	2,60 — 3,40
Indigo	0,77	
Indium	7,42	
Iridium	22,42	
Jaspis	2,66	2,56 — 2,76
Jod	4,95	
Jodsilber	5,61	
Kadmium	8,60	8,53 — 8,69
„ gegossen . . .	8,55	
„ gehämmert . .	8,67	
Kadmium-Wismut, 21,2 *Cd* 78,8 *Bi*	9,55	
Kadmium-Zinn, 32,2 *Cd* 67,8 *Sn*	7,69	
Kalium	0,87	
Kalisalpeter	2,02	1,95 — 2,08
Kalk, gebrannt	2,75	2,30 — 3,20
„ gelöscht	1,35	1,30 — 1,40
Kalkmörtel	1,70	1,65 — 1,78
Kalkspat	2,72	2,60 — 2,78
Kalksteine	2,65	2,30 — 3,00
„ 146 Proben Pflaster- u. Schottermat. (Münch.)	2,73	2,46 — 3,01
Kalksteine, bayer., 6 Prob.,	2,67	2,37 — 2,75
„ aus 36 Schweizer Brüchen . . .	2,64	2,30 — 2,73
„ bayerische Jura-, 5 Proben . . .	2,25	2,15 — 2,46
Kalktuff, Schweizer . .	1,64	1,57 — 1,71
Kampher	0,99	0,98 — 1,00
Kanonengut	8,60	8,44 — 8,76
Karbolsäure (Phenol), rein	1,08	
Kartoffel, Stück	1,10	1,06 — 1,13
„ in Gefässen . .	0,64	0,59 — 0,70
Kautschuk, s. Gummi .		
Kiefernholz, trocken . .	0,65	0,31 — 0,76
„ grün . . .	0,73	0,38 — 1,08

Körper	Dichtigkeiten δ mittlere	Dichtigkeiten δ verschiedene
Kies, trocken	1,80	
„ nass	2,00	
Kieselerde	2,70	2,66 — 2,74
Kieselsäure, kristall. . .	2,60	
„ amorph . .	2,20	
Kirschbaumholz, trocken .	0,80	0,76 — 0,84
„ grün .	1,12	1,05 — 1,18
Klebschiefer	2,00	
Kleesamen, geschüttet .	0,82	
Klingstein	2,45	2,40 — 2,50
Knochen	1,80	1,60 — 2,00
Kobalt	8,55	8,30 — 8,70
Kobaltglanz	6,05	6,00 — 6,10
Kochsalz	2,14	2,08 — 2,20
Kohlensäure, fest . . .	1,20	
Koks (Gas-), geschüttet .	0,33	0,30 — 0,35
„ (Zechen-), „ .	0,42	0,35 — 0,53
Kolophonium	1,07	
Korallen	2,69	
Korkholz	0,24	
Korund	3,95	3,90 — 4,00
Kreide	2,40	1,80 — 2,70
Kristallglas	2,95	2,90 — 3,00
Kronglas (Spiegelglas) .	2,56	2,45 — 2,72
Kupfer	8,85	8,60 — 9,00
„ gegossen	8,75	8,60 — 8,90
„ gewalzt, gehämmert	8,95	8,88 — 9,00
„ elektrolytisch . .	8,92	8,88 — 8,96
Kupferdraht	8,90	8,80 — 9,00
Kupferglanz	5,65	5,50 — 5,80
Kupferkies	4,20	4,10 — 4,30
Kupfervitriol	2,25	2,20 — 2,30
Lärchenholz, trocken . .	0,57	0,44 — 0,70
„ grün . . .	0,81	0,52 — 1,00
Lagermetall (s. auch Antimon-Blei)	7,10	
Lanthan	6,10	6,05 — 6,16
Lava	2,60	2,00 — 3,00
Leder, trocken . . .	0,86	
„ gefettet	1,02	
Lehm, trocken	1,38	1,25 — 1,52
„ frisch gegraben .	2,25	1,65 — 2,85
Lehmsteine, trocken . .	1,60	
Leim	1,27	
Letten	1,69	
Lindenholz, trocken . .	0,45	0,32 — 0,59
„ grün . . .	0,74	0,61 — 0,87
Lötzinn	8,90	8,10 — 9,70
Magnesia	3,25	3,20 — 3,30
Magnesit	3,00	
Magnesium	1,74	1,69 — 1,75
Magneteisenstein . . .	5,00	4,80 — 5,20
Magnetkies	4,55	4,40 — 4,70
Mahagonyholz	0,75	0,56 — 1,06
„ v. Cuba .	0,56	
„ „ Domingo	0,75	
„ „ Afrika .	0,94	
Malachit	3,90	3,70 — 4,10
Mangan	7,80	7,10 — 8,03
Manganerz, rot	3,46	
„ schwarz . .	4,00	
Marmor	2,70	2,52 — 2,84
„ carrarischer . .	2,72	
Mauerschutt	1,60	
Mauerwerk (Mittelwerte der Berlin. Baubehörden)		
Mauerwerk, volle Ziegelst.	1,60	
„ poröse Steine	1,10	1,00 — 1,20
Mauerwerk, Lochsteine .	1,30	
„ poröse Lochst.	0,90	
„ Schwemmst. .	0,85	
„ Kalkstein . .	2,60	
„ Sandstein . .	2,40	
„ Granit, Marm.	2,70	
Meerschaum	1,12	0,99 — 1,25
Mehl, locker bis festgerütt.	0,60	0,38 — 0,80
„ Weizen, o. Zwischenräume	1,56	
Melaphyr	2,64	2,60 — 2,80
Mennige	8,90	8,60 — 9,20
Mergel	2,40	2,30 — 2,50
Mergelklinker	1,72	
Messing (s. auch Weissmessing, Tombak)	8,50	8,30 — 8,73
Messing, gegossen . . .	8,45	8,30 — 8,60
„ gewalzt, gehämm.	8,56	8,51 — 8,67
Messingdraht	8,60	8,43 — 8,73
Mettlacher Plättchen . .	2,54	2,24 — 2,70
Molybdän	8,60	8,49 — 8,64
Mörtel	1,85	1,70 — 2,00
Mühlsteinquarz	1,42	1,25 — 1,60
Nagelfluh	2,40	2,10 — 2,70
Natrium	0,98	0,97 — 0,99
Neusilber	8,55	8,40 — 8,70
Nickel	8,80	8,40 — 9,20
Nickelin	8,77	
Niob	7,20	
Nussbaumholz, trocken .	0,66	0,60 — 0,80
„ grün . .	0,92	
Ocker	3,50	
Opal	2,10	2,00 — 2,20
Operment (Auripigment) .	3,45	3,40 — 3,50
Osmium	22,48	
Palladium	11,40	10,90 — 12,10
Papier	0,92	0,70 — 1,15
Pappelholz, trocken. . .	0,48	0,38 — 0,60
„ grün . . .	0,84	0,61 — 1,07
Paraffin	0,90	0,87 — 0,93
Pech	1,07	
Pechtanne (pitch pine), trocken	0,84	0,83 — 0,85
Pflaumenbaumholz, trocken	0,78	0,68 — 0,90
„ grün .	1,00	0,87 — 1,17
Phenol, s. Karbolsäure.		
Phosphor, gelb	1,83	1,82 — 1,84
„ rot	2,20	2,15 — 2,34
„ metallisch . .	2,34	
Phosphorbronze	8,80	
Platin	21,50	21,20 — 21,70
Platinschwamm	18,78	16,32 — 21,24
Pockholz	1,28	1,17 — 1,39
Polirschiefer (s. a. Klebsch.)	0,60	0,59 — 0,61
Porphyr	2,60	2,40 — 2,80
Porphyr, 75 Prob. Pflaster- u. Schottermater. (München) . . .	2,57	2,34 — 2,74
Porzellan	2,32	2,14 — 2,49
Porzellanerde	2,20	
Pottasche	2,28	2,26 — 2,30
Presskohle	0,60	0,50 — 0,70
Quarz	2,65	2,55 — 2,75
Quecksilber, fest bei — 39°	14,19	
Quittenbaum, trocken . .	0,70	
Raseneisenstein	2,60	
Rhodium	11,60	11,00 — 12,10
Roggen	0,74	0,68 — 0,79

Körper	Dichtigkeiten δ	
	mittlere	verschiedene
Roheisen, weisses	7,65	7,58 — 7,68
„ graues	7,00	6,60 — 7,30
Rohr, spanisches	0,40	
Rosskastanienholz, trock.	0,58	0,52 — 0,63
„ grün	0,90	0,76 — 1,04
Roteisenstein	4,70	4,50 — 4,90
Rotbuchenholz, trocken	0,74	0,66 — 0,83
„ grün	0,98	0,85 — 1,12
Rotgiltigerz	5,68	5,50 — 5,85
Rubidium	1,52	
Rubin	3,90	3,50 — 4,30
Runkelrüben, gehäuft	0,52	
Ruthenium	12,26	
Salicylsäure	1,49	
Salmiak	1,50	1,45 — 1,60
Salpeter (s. Chilisalpeter, Kalisalpeter)	2,10	1,95 — 2,26
Sand, trocken	1,50	1,40 — 1,65
„ feucht	1,80	1,70 — 1,90
„ nass	2,00	1,95 — 2,05
Sandsteine	2,30	1,90 — 2,70
„ bayer., 43 Proben	2,14	1,78 — 2,72
„ aus 55 Schweizer Brüchen	2,37	2,02 — 2,75
„ aus Purkersdorf bei Wien	2,59	2,58 — 2,62
„ 58 Prob. Pflaster- u. Schottermaterial (München)	2,54	1,96 — 2,78
Saphir	4,35	3,90 — 4,80
Schamotteblättchen	2,60	
Schamottesteine	1,85	
Schiefer	2,65	2,60 — 2,70
Schiesspulver, lose	0,90	
„ gestampft	1,75	
Schlamm	1,65	
Schmiedeeisen s. Schweisseisen, Flusseisen		
Schmirgel	4,00	
Schnee, auf Dächern etc.	0,125	
Schwefel (rein 2,07)	2,00	1,92 — 2,07
„ rhombisch	2,07	
„ monoklin	1,96	
„ amorph, frisch	1,92	
„ „ alt, hart	2,06	
Schwefelkies (Pyrit)	5,10	4,90 — 5,20
Schweisseisen	7,80	7,60 — 7,90
Schweisseisendraht	7,68	7,60 — 7,75
Schweissstahl	7,86	7,60 — 8,10
Schwerspat	4,55	4,42 — 4,68
Selen	4,50	4,20 — 4,80
„ kristall.	4,65	4,50 — 4,80
„ amorph	4,20	
Serpentin	2,60	2,50 — 2,70
Silber	10,50	10,42 — 10,57
„ gegossen	10,48	
„ gewalzt, gehämmert	10,56	
Silber, elektrolytisch	10,53	
Silberdraht	10,48	
Silicium, kristall.	2,39	
„ amorph	2,00	
Smaragd	2,78	2,68 — 2,77
Soda, geglüht	2,50	
„ kristall.	1,45	
Spateisenstein	3,80	3,70 — 3,90
Speck	0,95	
Speckstein	2,70	2,60 — 2,80
Speisskobalt	6,84	6,37 — 7,30

Körper	Dichtigkeiten δ	
	mittlere	verschiedene
Stärke	1,53	
Stearin	0,97	
Steineichenholz, trocken	0,89	0,71 — 1,07
Steinkohle (s. auch Anthracit), Stück	1,35	1,20 — 1,50
„ geschüttet	0,80	0,74 — 0,86
Steinsalz, Stück	2,28	2,14 — 2,41
„ gemahlen	1,02	
Strontianit	3,70	
Strontium	2,54	2,50 — 2,58
Sublimat	7,82	7,79 — 7,85
Syenit	2,75	2,50 — 2,90
„ 20 Proben Pflaster- u. Schottermaterial (München)	2,77	2,46 — 2,91
Talg	0,92	0,91 — 0,93
Talkstein	2,70	2,60 — 2,80
Tannenholz, trocken	0,60	0,37 — 0,75
„ grün	1,00	0,77 — 1,23
Tantal	10,40	10,08 — 10,78
Tellur	6,16	5,93 — 6,42
„ kristall.	6,40	
„ amorph	5,93	
Thallium	11,85	11,78 — 11,90
Thon	2,20	1,80 — 2,60
Thonschiefer	2,70	2,60 — 2,80
Thorium	11,00	
Titan	5,33	
Tombak	8,85	
Topas	3,54	3,51 — 3,57
Torf, trocken		0,10 — 1,00
„ Rasentorf	0,20	
„ Wurzeltorf	0,40	
„ Erdtorf	0,60	
„ Pechtorf	0,80	
Trachyt	2,60	
Trass, gemahlen	0,95	
Tripel	2,00	1,80 — 2,20
Tropfstein	2,50	2,32 — 2,68
Tuffstein (s. a. Kalktuff)	1,90	1,70 — 2,20
„ 23 Prob. (München)	1,88	1,63 — 2,39
Tungstein	6,05	5,90 — 6,20
Turmalin	3,12	2,94 — 3,30
Ulmenholz, trocken	0,69	0,56 — 0,82
„ grün	0,95	0,73 — 1,18
Umbra	2,21	
Uran	18,68	
Vanadium	5,50	
Wachs	0,97	0,95 — 0,99
Walrat	0,91	0,88 — 0,94
Wasserkalk, gepulvert	0,55	
Weidenholz, trocken	0,53	0,43 — 0,63
„ grün	0,85	0,73 — 0,97
Weinreben	1,33	
Weinsäure (Weinsteins.)	1,75	
Weissbuchenholz, trocken	0,72	0,62 — 0,82
„ grün	1,02	0,92 — 1,25
Weissmessing	8,00	7,60 — 8,20
Weissmetall (Lagermetall)	7,10	
Weizen, geschüttet	0,76	0,71 — 0,81
Weizenkorn	1,35	
Wetzschiefer	2,72	
Wicken, in Gefässen	0,84	0,80 — 0,88
Wismut (rein 9,78)	9,85	9,76 — 9,93
„ gegossen	9,82	
Wismut-Amalgam	10,70	10,20 — 11,20
Wolfram	17,90	16,54 — 19,26
Wood'sches Metall	9,70	

Körper	Dichtigkeiten δ mittlere	Dichtigkeiten δ verschiedene	Körper	Dichtigkeiten δ mittlere	Dichtigkeiten δ verschiedene
Zedernholz	0,58	0,56 — 0,61	Zink, gewalzt, gehämmert	7,16	7,12 — 7.24
Zeichenschiefer	2,15	2,11 — 2,19	Zinkblende	4,05	3,90 — 4,20
Zement, erhärtet . . .	2,75	2,50 — 3,00	Zinkchlorid	2,75	
Zementpulver, lose . . .	1,20	0,89 — 1,35	Zinkspat (Galmei) . . .	4,30	4.10 — 4.50
„ eingedrückt	1,85	1,36 — 1,92	Zinkvitriol, kristall. . .	2,04	
„ 10 Sort. Portland-zement (München) i. einzelnen Litern	1,28	1,21 — 1,33	Zinn	7,25	7,12 — 7,37
			„ gegossen	7,23	7,18 — 7,29
			„ gewalzt, gehämmert	7.30	
„ in 50-Literkiste geschaufelt . .	1,47	1,38 — 1,54	Zinn-Amalgam, *HgSn* .	10,30	
			„ „ $HgSn_2$.	9,30	
„ ohne Zwischenräume, 17° . .	3,28	3,23 — 3,34	„ „ $HgSn_3$.	8,80	
			Zinnkies	4,35	
Ziegelsteine, gewöhnliche .	1,80	1,40 — 2,20	Zinnober	8,12	
„ Klinker . .	1,90	1,50 — 2,30	Zinnstein	6,70	6,40 — 7,00
Zink	7,05	6,86 — 7,24	Zirkonium	4,15	
„ gegossen	7,00	6,86 — 7,16	Zucker, weisser	1,61	

Für Gase, welche dem Boyle-Gay-Lussac'schen Gesetze (s. d.) folgen, hat man bei gleichen Drücken p und gleichen Temperaturen t stets $R\gamma = R_0\gamma_0$, unter R, R_0 die dem Ausdrucke $pv = RT$ jenes Gesetzes entsprechenden Konstanten der Körper K, K_0 verstanden. Wird nun die Dichtigkeit auf gleiche p, t der letzteren bezogen, so ist $\delta = \frac{\gamma}{\gamma_0} = \frac{R_0}{R}$ für alle p, t von gleichem Wert und für zwei beliebige Gase K, K':

$$R\delta = R'\delta'. \qquad 3.$$

Beispielsweise erhalten wir (vgl. Bd. 2, S. 630, wo die γ für Wasserstoff, Sauerstoff, Stickstoff irrtümlich vertauscht, die Werte von R aber richtig sind):

für	γ für 1 cbm bei $p = 1$ Atm., $t = 0$	δ wenn K_0 atm. Luft	δ wenn K_0 Wasserstoff	δ wenn K_0 Wasser von 4°
Atm. Luft . .	1,293187 kg	1,00000	14,4384	0,00129319
Wasserstoff . .	0,089566 „	0,06926	1,0000	0,00008957
Sauerstoff . . .	1,429786 „	1,10563	15,9635	0,00142979
Stickstoff . . .	1,256163 „	0,97137	14,0250	0,00125616
Stickoxyd . .	1,34284 „	1,03839	14.9927	0,00134284
Kohlenoxyd . .	1,25090 „	0,96730	13,9662	0,00125090
Kohlensäure .	1,97741 „	1.52909	22,0777	0,00197741

In Wirklichkeit weichen freilich auch die schwerst kondensirbaren Gase, zu welchen die vorstehenden mit Ausnahme der Kohlensäure gehören, von dem Boyle-Gay-Lussac'schen Gesetze ab, so dass obige δ zunächst nur $t = 0$ betreffen und im übrigen mit der dem Boyle-Gay-Lussac'schen Gesetze entsprechenden Genauigkeit gelten, welche jedoch für die atmosphärische Luft und die sonstigen schwerst kondensirbaren Gase in der Technik zu genügen pflegt. Sobald $\gamma = \frac{1}{v}$ durch Versuche oder nach den unter Boyle-Gay-Lussac'sches Gesetz, gasförmige Körper, Dampf gesättigter, Dampf überhitzter, gegebenen Beziehungen bestimmt ist, lässt sich durch Division mit γ_0 die Dichtigkeit in Hinsicht jedes beliebigen Körpers K_0 erhalten.

So haben sich die Zahlen der letzten Kolumne obiger Zusammenstellung durch Division derjenigen der ersten mit $\gamma_0 = 1000$ ergeben und werden in der Physik die Dichtigkeiten gasförmiger Körper meist mit γ_0 für $p = 1$ Atm., $t = 0$, oder von gleichen p, t wie der betreffende Körper, berechnet. Weiteres über Gas- und Dampfdichten s. [1], Bd. 2, S. 179, 794, Werte derselben [7], S. 11, 17, 115; hinsichtlich der näherungsweisen Uebereinstimmung der Dichten von Gasen und genügend überhitzten Dämpfen in Bezug auf Wasserstoff von gleichen p, t mit dem halben Molekulargewicht s. [1], Bd. 2, S. 802, [12], S. 121.

Besteht ein Körper aus verschiedenen Teilen, welchen einzeln die spezifischen Gewichte $\gamma_1, \gamma_2 \ldots$ und die Dichtigkeiten $\delta_1, \delta_2 \ldots$ entsprechen, so hat man für das mittlere spezifische Gewicht γ und die mittlere Dichtigkeit δ desselben, neben 1., 2. mit $G = G_1 + G_2 + \ldots$, wenn das Volumen des Ganzen gleich der Summe der Einzelvolumen bleibt ($V = V_1 + V_2 + \ldots$):

$$\gamma = \frac{1}{V} \Sigma V_e \gamma_e = \frac{G}{\Sigma \frac{G_e}{\gamma_e}}, \qquad \delta = \frac{1}{V} \Sigma V_e \delta_e = \frac{G}{\Sigma \frac{G_e}{\delta_e}}, \qquad 4.$$

dagegen für verschiedene Gase und Dämpfe von bestimmter Temperatur im gleichen Raume V, unter Voraussetzung des Dalton'schen Gesetzes (s. d.) und Boyle-Gay-Lussac'schen Gesetzes,

wenn sich die δ auf ein diesen Gesetzen unterworfenes Gas von gleichem p, t wie das angenommene Gasgemisch beziehen:

$$\gamma = \Sigma \gamma_e, \qquad \delta = \frac{G}{\Sigma \frac{G_e}{\delta_e}}, \qquad 5.$$

worin die Summen Σ alle Einzelgase umfassen. In 5. sind die δ konstant. Näheres über Gasgemische [12], S. 100, 117, 161, 401. Die Formeln 4. kommen insbesondere für Verbindungen fester Körper durch Zusammenfügen in festem Zustande zur Verwendung, haben sich aber für Flüssigkeitsgemische und Metalllegirungen im allgemeinen nicht als zutreffend erwiesen, indem hier mit der Mischung Volumenänderungen einzutreten pflegen. Nach 5. lassen sich z. B. die Dichtigkeiten der Arbeitsflüssigkeit und Verbrennungsprodukte in Gasmaschinen berechnen.

Litteratur: [1] Wüllner, Lehrbuch der Experimentalphysik, Bd. 1, Allgemeine Physik und Akustik, Leipzig 1895, S. 131, 351, 355; Bd. 2, die Lehre von der Wärme, Leipzig 1896, S. 173, 179, 794. — [2] Winkelmann, Handbuch der Physik, Bd. 1, Allgemeine und spezielle Mechanik, Akustik, Breslau 1891, S. 136. — [3] Violle, Lehrbuch der Physik, Bd. 2, Mechanik der flüssigen und gasförmigen Körper, Berlin 1893, S. 549, 949. — [4] Grashof, Theoretische Maschinenlehre, Bd. 1, Hydraulik nebst mechanischer Wärmetheorie und allgemeine Theorie der Heizung, Leipzig 1875, S. 9, 104, 109, 150, 374. — [5] Eytelwein, Handbuch der Statik fester Körper mit vorzüglicher Rücksicht auf ihre Anwendung in der Architektur, Bd. 1, Berlin 1808, S. 81, 89 (ältere Ermittelungen). — [6] Marbach, Physikalisches Lexikon, Bd. 2, Leipzig 1853, S. 479 (weitere Resultate). — [7] Landolt und Börnstein, Physikalisch-chemische Tabellen, Berlin 1894 (neuere Ermittelungen betr. Elemente, Verbindungen, Gemische, Lösungen, Legirungen u. s. w.). — [8] Hrabak, Gemeinnütziges mathematisch-technisches Tabellenwerk, Leipzig 1873 (Metalle, Steine, Hölzer u. s. w., Gewichtstabellen). — [9] Simon und Friederici, Materialienkunde, Lahr 1884, S. 413 u. a. (gewerblich verwendete Stoffe). — [10] Bauschinger, Mitteilungen aus dem mechanisch-technischen Laboratorium der k. technischen Hochschule in München, Heft 7—11, 16, 18, 19 (bayerische und andere natürliche und künstliche Steine, Hölzer, Zemente etc.). — [11] Tetmajer, Mitteilungen der Anstalt zur Prüfung von Baumaterialien am eidgen. Polytechnikum in Zürich, Heft 1, 1884 (Schweizer Bausteine), Heft 2, 1884 (Schweizer Bauhölzer). — [12] Zeuner, Technische Thermodynamik, Bd. 1, Leipzig 1887, S. 95, 103, 117, 121 (gasförmige Körper). — Auch die Veröffentlichungen der Berliner, Wiener und übrigen Versuchsanstalten enthalten Werte der Dichtigkeit. ***Weyrauch.***

Die Methoden, nach denen die Bestimmung des spez. Gew. geschehen kann, sind ungemein zahlreich und verschieden, je nach dem Aggregatzustand des Stoffes. Bei Gasen leidet die Genauigkeit der Gewichtsbestimmung an der Kleinheit des absoluten Gewichts der Gase; die relativen Dichten bestimmt man bequem nach Bunsen aus den Ausströmungszeiten, in denen verschiedene Gase aus einer engen Oeffnung unter gleichem Druck austreten; die Dichten verhalten sich umgekehrt wie die Quadrate der Ausströmungszeiten. Flüssigkeitsdichten ermittelt man gewöhnlich mit Hilfe von Pyknometern, Hohlgefässen von bestimmtem Inhalt und bekanntem Gewicht, die, mit der Flüssigkeit gefüllt, gewogen werden und so die nötigen Daten zur Bestimmung liefern; oder man benützt das archimedische Prinzip, nach welchem ein Körper von bestimmtem Volum in einer Flüssigkeit um den Betrag geringeres Gewicht anzeigt, als ausserhalb derselben, wie das Volumen der verdrängten Flüssigkeit beträgt. Die Anwendung zur Vergleichung der Dichten von Flüssigkeiten leuchtet ein. Dasselbe Prinzip dient auch zur Ermittelung der Dichten fester Körper, deren Gewicht und Gewichtsabnahme beim Eintauchen in Wasser bestimmt wird, indem der Gewichtsverlust gleich dem Gewicht des Körpervolums Wassers ist, aus dem das Volumen unmittelbar bestimmbar ist. (Näheres s. Kohlrausch, Leitfaden der prakt. Physik, 7. Aufl., Leipzig 1892, S. 42 ff.).

Von der Temperatur und vom Druck sind die Dichten, namentlich bei Gasen, abhängig; das untere Extrem der Dichte bildet der Wasserstoff, der bei 0° und 760 mm Druck 0,0000896 g/cm³, das obere Osmium, welches 22,5 g/cm³ ergibt. Die Beziehungen der Dichte zur chemischen Natur der Körper sind anscheinend sehr gering. Die Dichten der chemischen Elemente sind eine periodische Funktion des Atomgewichts, wie die meisten physikalischen Eigenschaften. Gewissse Regelmässigkeiten zeigen die Lösungen; die Dichtedifferenz gegen das reine Lösungsmittel ist ungefähr proportional der Konzentration des gelösten Körpers und der Vergleich verschiedener Salzlösungen in Wasser lehrt ausserdem, dass bei gleichem Molekulargehalt Salze mit gleicher Basis und verschiedenen Säuren, oder gleichen Säuren und verschiedenen Basen für gleiche Zusammensetzungsunterschiede auch gleiche Dichtenunterschiede aufweisen, die ihrerseits wieder der Konzentration proportional sind (Valson, Bender), so dass man mit Kenntnis der Dichte einer Salzlösung und der „Module", die für die Zusammensetzungsverschiedenheiten gefunden sind, durch Addition die Dichte einer anderen bestimmten Salzlösung annähernd finden kann.

Die Moduln für 18° sind:

NH_4	K	Na	Li	$1/2\,Ba$	$1/2\,Sr$	$1/2\,Ca$	Cl	Br	J	NO_3	$1/2\,SO_4$	
0	296	235	72	739	522	282	0	370	733	160	200	$\times 10^{-4}$

Die Dichten der NH_4Cl-Lösungen sind:

1 norm.: 1,0153 2 norm.: 1,0299 3 norm.: 1,0438 4 norm.: 1,0577

Daraus berechnet sich z. B. für 3 norm. $(CaBr_2)_{1/2}$:

$$\underset{(3n\,NH_4Cl)}{1{,}0438} + 3 \cdot 10^{-4}\,(\underset{(Ca-NH_4)}{282} + \underset{(Br-Cl)}{370}) = 1{,}2394,$$ beobachtet ist: 1,2395

Die Uebereinstimmung zwischen Rechnung und Beobachtung reicht gewöhnlich über die dritte Dezimale hinaus. *Abegg.*

Dichtigkeitsmaximum nennt man eine Dichtigkeit δ (s. d.), welche grösser als die bei höherer und niederer Temperatur zunächst folgenden Dichtigkeiten ist. Es sind damit ein Maximum des spezifischen Gewichts γ und Minima des spezifischen Volumens v und Gesamtvolumens V verbunden (bei bestimmten γ_0, s. Gleichung 1 unter Dichtigkeit).

Von besonderem Interesse ist das Dichtigkeitsmaximum des Wassers, welches für eine Atmosphäre Druck (760 mm Quecksilbersäule = 10 333 kg pro qm) bei ca. 4° C. liegt. Verschiedene Bestimmungen desselben (von 3,74 bis 4,70°) s. Landolt und Börnstein, Physikalisch-chemische Tabellen, Berlin 1894, S. 105, über das Dichtigkeitsmaximum wässeriger Salzlösungen ebendaselbst S. 106. Auch manche feste Körper haben Dichtigkeitsmaxima, so der Smaragd bei — 4,2°, Kupferoxydul bei — 4,3°, der Diamant bei — 41,9° C., Roses Metallgemisch bei 55°. Ueber die Veränderlichkeit des Dichtigkeitsmaximums mit dem Drucke s. d. Art. Ausdehnungskoefficient, Bd. 1, S. 590.

Ein Dichtigkeitsminimum hätte man, wenn die Dichtigkeit kleiner als die bei höherer und niederer Temperatur zunächst folgenden Dichtigkeiten wäre.

Jodsilber besitzt ein solches bei etwa — 60°, während ein Dichtigkeitsmaximum desselbsn bei 142° liegt. Vergl. Wüllner, Lehrbuch der Experimentalphysik, Bd. 2, Die Lehre von der Wärme, Leipzig 1896, S. 44, 60, 77. *Weyrauch.*

Dichtungsmaterialien, Materialien, welche dazu dienen, bei Herstellung einer Verbindung von irgend welchen Teilen die Verbindungsstelle gegen das Durchtreten von tropfbaren oder gasförmigen Flüssigkeiten zu sichern. Im wesentlichen handelt es sich in der Technik um die Dichtigkeit der Verbindung von Metallen mit einander. Diese letztere Verbindung kann nun derartig sein, dass die Berührungsflächen selbst die Dichtung bewirken, oder es wird noch eine besondere Zwischenschicht als Dichtungsmittel zwischen die zu verbindenden Flächen eingeschaltet. — Wenn durch die Berührungsflächen selbst die Dichtung bewirkt wird, so kann dabei noch unterschieden werden zwischen fest mit einander verbundenen Teilen und gegen einander beweglichen Teilen. Zu den letzteren gehören z. B. die Dampfschieber. Müssen noch besondere Dichtungsmittel angewendet werden, so kommen bei fester Verbindung der Teile in Anwendung: Kitte, Gummiplatten, Leder, Blei, Kupfer u. s. w. Von den Kitten ist vorzugsweise der Mennigkitt zu erwähnen, welcher gewöhnlich in Verbindung mit Segeltuch oder Drahtgaze, um das Herausdrängen des Kittes aus der Dichtungsfuge zu verhindern, verwendet wird. Bei der Dichtung von gegen einander beweglichen Teilen werden verwendet: Hanf, Asbest, Rotguss u. s. w. — S. auch Liderung.

Litteratur: Röll, Encyklop. des ges. Eisenbahnw., Bd. 3, S. 1009, Wien 1891. *Georg Meyer.*

Dickmaischverfahren, s. Bierbrauerei, Spiritusfabrikation.

Dickmühle, auch Walkmühle, Filzmühle, Hammerwalke genannt, eine in der Tuchfabrikation zum Filzen der Loden verwendete Vorrichtung, in welcher das Gewebe in einem eigentümlich geformten Holztrog durch fallende Holzhämmer bearbeitet wird (älteste Form der Walke). S. Tuchfabrikation.

Dicksaft, s. Zucker.

Dickstein, s. Edelsteinschleiferei.

Dickzirkel, s. Messwerkzeuge.

Didym, *Di*, Atomgewicht 142, spez. Gew. 6,5, ist ein hellgraues Metall der Gruppe der Ceritmetalle (s. d. und Cer); sehr selten und als solches technisch ganz unbedeutend. Seine Verbindungen sind zur Verwendung für Beleuchtungszwecke (Gasglühlicht) vorgeschlagen, eignen sich dazu aber weniger wie die betreffenden Thoriumverbindungen.

Diek, s. Takelage.

Diele, niederdeutsch Deele oder Fleet, ist der mittlere Raum des altdeutschen sächsischen Bauernhauses, die Wohnstätte der Familie, um den sich die Räume für das Vieh anreihen (s. Bauernhäuser). Aus diesem Raum hat sich in unserer Zeit der Hausflur, Vorplatz, die Halle oder das Vestibül der

Wohnhäuser entwickelt, die gleichfalls mit dem Namen Diele bezeichnet werden (vergl. Wohnhäuser). Die Diele war zugleich die Arbeitsstätte des altdeutschen Bauernhauses, daher wird die Bezeichnung auch auf die Tenne, d. h. die Arbeitsstätte der Scheunen angewendet (s. Scheunen). *v. Tiedemann.*

Diele, in manchen Gegenden Deutschlands auch Bezeichnung für ein stärkeres Brett, besonders für Fussbodenbelag gebräuchlich, daher: Dielung, Dielenboden und Dielen oder Bedielen für: mit Fussbodenbelag versehen.

Diëlektrikum, auch „Isolator", bezeichnet einen Körper, welcher Nichtleiter, resp. ganz schlechter Leiter für die Elektrizität ist, aber mehr oder weniger die Fähigkeit besitzt, durch Reiben selbst elektrisch zu werden. Hierher gehören Glas, Seide, Schwefel, Paraffin, Kautschuk, Harze u. dergl. Auch durch elektrische Ladung nehmen derartige Substanzen Elektrizität auf; doch dringt dieselbe nicht durch und es findet kein Ausgleich von Potentialdifferenzen statt; die Elektrizität bleibt vielmehr nur an derjenigen Stelle haften, an welcher sie erzeugt oder auf welche sie übertragen ist. Bei fortgesetzter elektrischer Ladung, z. B. bei einem Kondensator, dringt die Elektrizität tiefer in das Diëlektrikum ein, wird von demselben „absorbirt" und bei Kurzschluss nicht sofort auf einmal wieder abgegeben. Es bleibt nach der ersten Entladung ein sogen. „Residuum" zurück, welches von der Dauer und der Stärke der vorausgegangenen Ladungen abhängig ist. Verwendung finden diëlektrische Substanzen besonders bei der Isolirung elektrischer Leitungen, ferner bei Leydener Flaschen (Glas), bei Ozonapparaten (Glas oder Glimmer), bei Kondensatoren (Glimmer, Hartgummi, Papier mit Leinölfirnis und Kolophonium getränkt, paraffinirtes Papier, Glas, Luft).

Litteratur: Kittler, Handbuch der Elektrotechnik, 2. Aufl., Stuttgart 1892, S. 293. — Zentralblatt für Elektrotechnik, Bd. 7, S. 61. — Ayrton, Handbuch der praktischen Elektrizität, deutsch von Krieg, Jena 1889, S. 347. *Holzt.*

Diëlektrizitätskonstante (spezifische induktive Kapazität). Nach dem Gesetze von Coulomb ziehen sich in Luft zwei punktförmig konzentrirte Elektrizitätsmengen ε und ε' mit der Kraft $\frac{\varepsilon\varepsilon'}{r^2}$ an, wenn r den Abstand der beiden geladenen Punkte bedeutet. Nach Faradays Entdeckung beträgt in anderen Medien als in Luft die Anziehung $\frac{1}{k} \cdot \frac{\varepsilon\varepsilon'}{r^2}$, worin k die Diëlektrizitätskonstante des betreffenden Mediums, bezogen auf Luft gleich eins, bedeutet. Die Bestimmung der Werte von k ist schwierig, weshalb die Resultate der einzelnen Beobachter (Faraday, Siemens, Gibson und Barklay, Ayrton, Hopkinson etc.) nicht ganz übereinstimmen. Gebräuchliche Mittelwerte sind: für das Vakuum (Lichtäther) 0,9994, Paraffin 1,9, Petroleum 2, Kautschuk 2,1, Benzol 2,2, Ebonit 2,6, Olivenöl 3, Schwefel 3,1, Schellack 3,2, Guttapercha 4, Aethyläther 4,2, Glimmer 5, Flintglas (leicht) 6,5, Flintglas (schwer) 10, Alkohol 26, Wasser 80. Die Diëlektrizitätskonstante spielt in Maxwells elektromagnetischer Lichttheorie eine fundamentale Rolle und ist hiernach gleich dem Quadrate des Brechungskoefficienten für sehr lange Aetherwellen. *Nernst.*

Litteratur: Kittler, Handbuch der Elektrotechnik, 2. Aufl., Stuttgart 1892, S. 294. — Ayrton, Handbuch der praktischen Elektrizität, deutsch von Krieg, Jena 1889, S. 338.

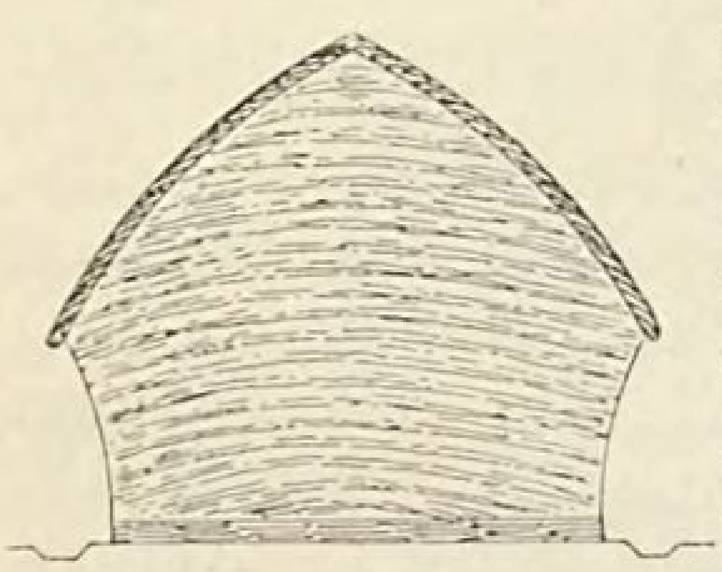
Dielensäge (Spaltsäge), s. Sägen und Sägemaschinen.

Dielungen, die als Fussboden dienende Holzverkleidung einer Deckenkonstruktion. In Werkstätten und Magazinen wird bei der einfachen Balkendecke (s. Decken) die Dielung direkt auf die Tragbalken gelegt; in allen anderen Fällen aber soll dies vermieden und die Dielung auf eine entsprechend (ca. 8 cm) dicke Lage von Deckenfüllung (s. d.) aufgebracht werden, damit die Erschütterungen des Fussbodens sich nicht unmittelbar auf die Trame übertragen. Da durch das Schwinden der Dielenbretter die Fugen sich im Verhältnis zur Breite der Dielen vergrössern, so empfiehlt es sich, recht schmale Bretter zu verwenden, da sonst schon nach kurzer Zeit das sogen. Ausspänen, d. h. das Einlegen von Spänen in die Fugen notwendig wird. Als die gebräuchlichsten Dielungen können nachstehende gelten. Bretter- und Pfosten-Fussboden, aus trockenen, astfreien, 2,5—3,0 cm dicken Brettern oder 5—10 cm starken

Dielen von Tannenholz bestehend, die auf den $^5/_{10}$—$^8/_{13}$—$^{13}/_{16}$ cm im Querschnitt messenden und 0,8—1,0 m aus einander liegenden, in die Schuttlage eingebetteten Polsterhölzern durch Nagelung befestigt sind. Die Dielen sind rauh (ungehobelt) oder glatt (gehobelt) und stossen entweder stumpf an einander oder sind gefalzt, gefedert. Man unterscheidet in dieser Beziehung: rauhe Fussböden für Magazine, Wagenschuppen, Ställe, Werkstätten; dann glatte oder gehobelte Fussböden für gewöhnliche Wohnräume minderer Kategorien; ferner die gefugten, gefalzten und gefederten Fussböden. In Wohnräumen besserer Kategorien wird eine Doppeldielung angewendet in der Weise, dass unten ein aus $1^1/_2$—$2^1/_2$ cm starken, rauhen, ungesäumten Brettern bestehender Blindboden direkt auf die Polsterhölzer genagelt wird, auf welchen man dann erst den eigentlichen Fussboden befestigt, wie dies z. B. bei dem Parkettfussboden der Fall ist. Weiters gehören noch hierher: der Patent-Fussboden, der Schiffboden, der Wiener Fussboden (Fischgräten-Fussboden), die bei den betreffenden Schlagwörtern besprochen werden. — Litteratur s. unter Decken. *Guzmann.*

Dielwand, s. Scheunen.

Diemen, Miethen, Feimen, Staaken und Schober sind gleichbedeutende Bezeichnungen für Stapel von Getreidegarben, die so zusammengesetzt werden, dass ihr Inhalt ohne besondere Schutzgebäude (Scheunen) allein durch eine leichte Strohbedeckung gegen die Nachteile der Witterungseinflüsse geschützt wird. Vorteile der Diemen gegenüber festen Scheunen sind: Ersparung des Baukapitals und Freiheit in der Wahl des Aufstellungsortes. Man wählt diesen häufig mitten auf dem abzuerntenden Getreideschlage und erspart damit in der arbeitsreichen Erntezeit viel Arbeit. Die Einbringung der Feldfrüchte nach dem Gehöft kann man nach Belieben hinausschieben. Diesen Vorteilen stehen als Nachteile gegenüber: die alljährlich wiederkehrenden Eindeckungskosten, der nicht ganz vollkommene Schutz gegen Witterung, namentlich bei unsicherem Wetter während des Baues, bevor die Eindeckung fertig ist, und während des Abdreschens, die hohen Feuerprämien, die Möglichkeit des Diebstahles, Mäuse- und Vogelfrass u. dergl. Nach v. Tiedemann [1] ist die Aufbewahrung der Halmfrüchte in Diemen unter Berücksichtigung aller dieser Nachteile teurer als in festen Scheunen (a. a. O., S. 189).



Diemen werden in rundem, quadratischem oder rechteckigem Grundriss nach nebenstehendem Querschnitt gebaut. Die Spitze erhält nicht mehr als 9 m Höhe, um die Arbeit des Aufbansens nicht zu erschweren. Zum Schutz gegen Erdfeuchtigkeit erhält der Diemen eine Unterlage von Stroh, Reisig, Heidekraut oder dergl. Auch zieht man wohl ringsum kleine Entwässerungsgräben. Das seitliche Einregnen verhindert man durch Ueberbauen des unteren Rumpfes und Verlegen der Garben mit den Stoppelenden nach aussen und Gefälle nach dem Rande. Die Eindeckung wird mit Stroh 20 cm stark, ähnlich wie bei Strohdächern, ausgeführt, wobei die Dachlattung durch Strohseile ersetzt wird. Der Bedarf an Deckstroh beträgt für 1000 cbm Rauminhalt ca. $12^1/_2$ Schock, der Deckerlohn im Mittel etwa 20 Mk.

Wo Diemen einen festen Standort erhalten, gibt man ihnen wohl einen festen Unterbau, den sogen. Diemenstuhl, zum besseren Schutz gegen Erdfeuchtigkeit. Der Diemenstuhl besteht aus einer leichten Balkenlage, die auf Steinpfeiler 50 cm über dem Erdboden verlegt wird und den Diemen in der Schwebe erhält, so dass der Wind darunter wegstreichen kann. Wird auch die alljährlich zu erneuernde Eindeckung durch ein festes Dach ersetzt, so entsteht das Diemenhaus (s. d.).

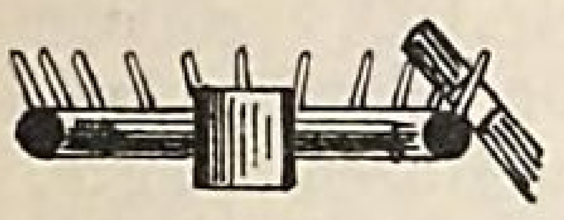
Litteratur: [1] L. v. Tiedemann, Das landw. Bauwesen, Halle a. S. 1891. *v. Tiedemann.*

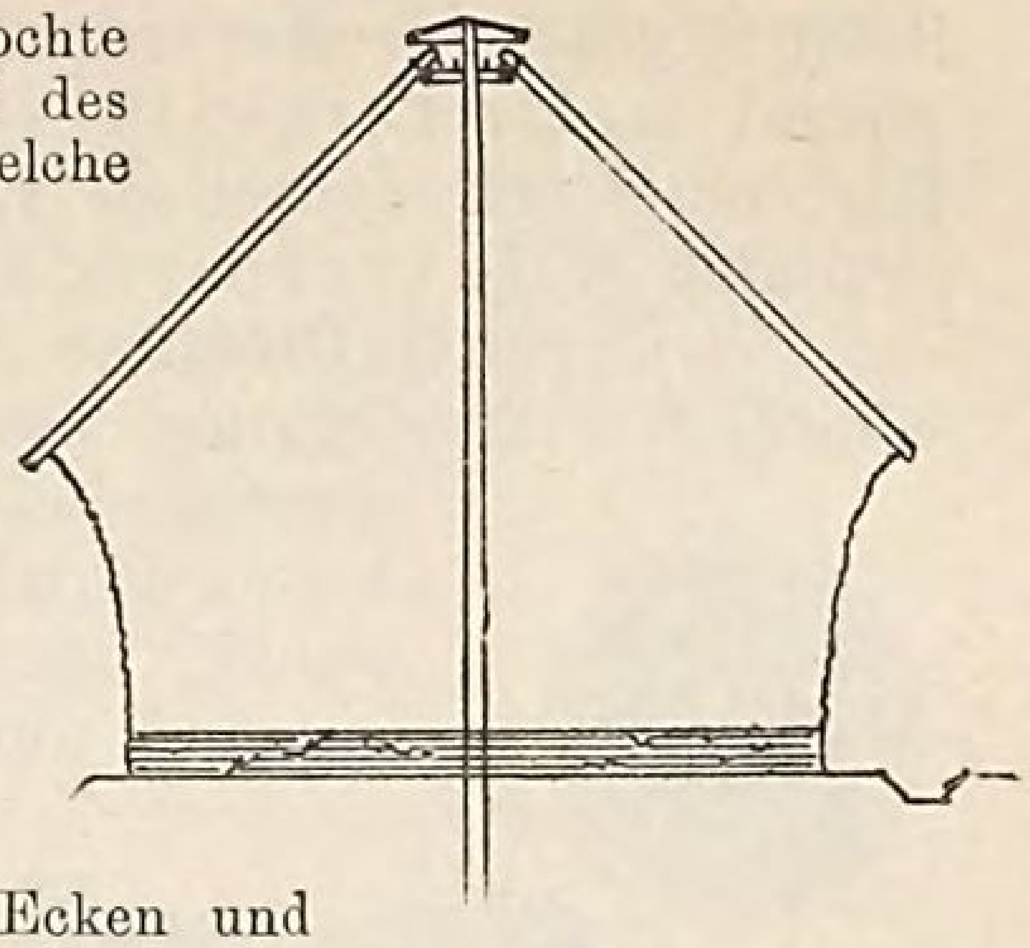
Diemenhäuser sind leichte Bauwerke, die den Diemen (s. d.) so überdecken, dass dieser gegen Witterung geschützt ist. Sie bezwecken, die alljährliche Eindeckung der Diemen zu vervollkommnen oder ganz zu ersparen. Die Erfahrung hat indessen gelehrt, dass die Kosten solcher Bauwerke, wenn diese sich der gewöhnlichen Form der Diemen anschliessen, d. h. rund oder quadratisch angelegt werden, hinter denen fester Scheunen kaum zurückstehen, ohne die Vorteile dieser zu gewähren.

Die Mansfeld'sche Feime (s. Fig. 1) ist nur ein verbesserter runder Diemen, der um einen mittleren Mastbaum gebaut wird. Dieser trägt oben ein kleines, tellerförmiges Dach,

darunter einen eisernen Ring mit Stiften, an denen durchlochte Stangen aufgehängt werden (Fig. 2). Die auf dem Rumpf des Diemens lagernden Stangen bilden die radialen Sparren, welche eine bessere Eindeckung mit Stroh ermöglichen.

Die Dessauische Feime [1] zeigt in der Mitte vier mit einander durch Riegel und Streben verbundene, oben ein kleines Dach tragende Pfosten, die einen Hohlraum im Innern des Diemens begrenzen. Hierin befindet sich ein Flaschenzug, durch den ein Zeltdach, mit Stroh gedeckt, auf und nieder bewegt werden kann. Es leuchtet ein, dass dieses schwerfällige pilzartige Gebäude keinen grossen Wert für die Landwirtschaft besitzt. — Nicht viel besser ist das Holländische Feimgerüst [1]. Hier stehen die Pfosten an den vier Ecken und bilden eine Führung für das quadratische Dach, das durch Hebezeug in der Höhe verstellt werden kann.


Fig. 2.


Fig. 1.

Von praktischem Werte für die Landwirtschaft werden solche Diemenhäuser nur, wenn sie in grösserer Ausdehnung in einfacher rechteckiger Grundform errichtet und mit leichtem Satteldach überdeckt werden. Sie bilden den Uebergang zu den sogen. Feldscheunen (s. d.).

Litteratur: [1] Friedr. Engel, Handbuch des landw. Bauwesens, Berlin. *v. Tiedemann.*

Dienste, in der gotischen Bauweise die Dreiviertelsäulchen, die den Kern des Pfeilers umgeben und in den Gewölbrippen ihre Fortsetzung finden; s. Gotische Bauweise.

Diensteinteilung im Eisenbahnbetriebe bezweckt die Festsetzung der Dienstleistung, welche von den Inhabern der einzelnen Dienststellen ausgeführt werden muss. Da durch zu starke Inanspruchnahme eines Menschen und dadurch eintretende Unaufmerksamkeit, Nachlässigkeit u. s. w. die Sicherheit des Betriebes gefährdet wird, so hat man namentlich für die im äusseren Betriebsdienst thätigen Beamten, wie Stationsbeamte, Telegraphenbeamte, Stellwerksbeamte, Weichensteller, Bahnwärter, Lokomotivpersonal, Wagenpersonal u. s. w. bestimmte Grenzen für die Grösse der Inanspruchnahme bei ihrer Dienstleistung festgesetzt.

Litteratur: Röll, Encyklop. d. ges. Eisenbahnw., Wien 1891, Bd. 3, S. 1017. *Georg Meyer.*

Dienstfahrpläne, s. Fahrpläne.

Diensttelegraph, die Einrichtungen zur Vermittelung des telegraphischen Verkehrs zwischen Eisenbahnstationen. S. Bahntelegraphen.

Dienstwohnung, Behausung von verschiedenster baulicher Anordnung und Grösse für Beamte oder Bedienstete des Staates, der Gemeinde oder gewerblicher Anlagen. Eine solche Wohnung wird dem leitenden Beamten überall da gewährt, wo es im Interesse der Verwaltung liegt, jenem zur besseren Ausübung seiner Pflichten innerhalb seines Wirkungskreises einen festen Wohnsitz anzuweisen, welcher seiner Lebensstellung würdig angepasst ist. Hieraus ergibt sich die geeignete Anordnung solcher Wohnungen: 1. Als Einzelwohnhaus, wie das Pfarrhaus, Forsthaus oder das einfache Wärterhaus. 2. Als Teil eines grösseren öffentlichen Gebäudes, z. B. eines Gerichtsgebäudes, Amthauses, Schulhauses, Stationsgebäudes; in diesem Falle werden sie ein besonderes Stockwerk bilden oder in einem Flügelbau Platz finden. Hierbei ist darauf Bedacht zu nehmen, dass Wohnungs- und Diensträume strenge von einander getrennt seien und, wenn thunlich, ersteren ein besonderer Eingang nebst Treppenhaus und sonstigen nötigen Räumen, abgegrenzt von dem öffentlichen Teile des Gebäudes, zugeteilt werde. *Weinbrenner.*

Diesbacher Blau, s. Pariserblau.

Diesel-Motor, ein von R. Diesel vorgeschlagener Wärmemotor. — S. Heissluftmaschinen.

Litteratur: Diesel, R., Theorie und Konstruktion eines rationellen Wärmemotors zum Ersatz der Dampfmaschinen und der heute bekannten Verbrennungsmotoren, Berlin 1893.

Differential, eine unendlich kleine Aenderung einer stetig veränderlichen Grösse x. Das Differential, welches mit dx bezeichnet wird, besitzt dieselben Merkmale wie x, aber ein abstufbares Merkmal hat den Wert Null, z. B. Bogendifferential ist ein Bogen von der Länge Null. Die Differentiale können daher, mit endlichen Grössen verglichen, vernachlässigt werden, d. h. an Stelle von $x+dx$

kann x geschrieben werden. Differentiale höherer Ordnung und totales Differential s. Differentialquotient. Ueber Bildung von Differentialen und Rechnung mit denselben s. Differentialrechnung. Integration von Differentialen s. Integralrechnung. *Wölffing.*

Differentialbremse ist eine Bandbremse, welche sich von der gewöhnlichen Ausführung nur durch den Anschluss des Bremsbandes an den Bremshebel unterscheidet. Während nämlich bei der gewöhnlichen Bandbremse (Fig. 1) das eine Bandende S an einen Festpunkt, etwa den Drehpunkt D des Bremshebels angeschlossen ist und nur das andere mit dem Bremshebel AD zusammenhängende Bandende S_1 durch den letzteren angezogen wird, sind bei der Differentialbremse (Fig. 2 und 3) die beiden Bandenden S und S_1 mit dem Bremshebel bei B und B_1 verbunden. Infolge dieser Anordnung erzielt man die Bremswirkung schon durch eine sehr kleine Bremskraft K an dem freien Ende des Bremshebels, wie sich aus folgendem ergibt.

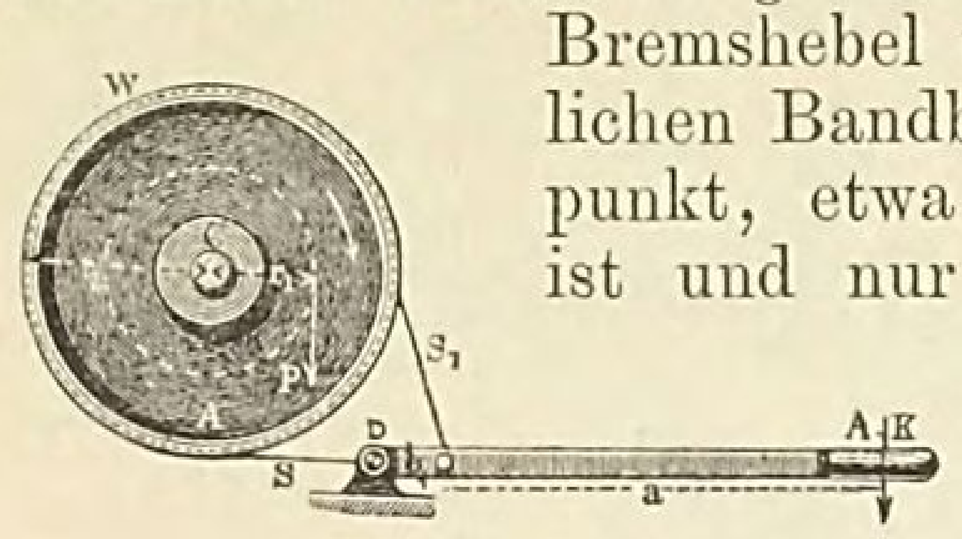


Fig. 1.

Ist $W = P\frac{r_1}{r_2}$ der am Umfange der Bremsscheibe auszuübende Reibungswiderstand, welcher der Last P am Halbmesser r_1 das Gleichgewicht hält, so sind die Spannungen der beiden Bandenden S und S_1 an die Bedingung gebunden: $W = S - S_1 = S_1(e^{f\alpha} - 1)$, wenn f der Reibungskoefficient zwischen Band und Scheibe, α der umspannte Bogen und e die Grundzahl der natürlichen Logarithmen ist. Um daher die Spannung S_1 in dem schwächer gezogenen Bandende zu erzeugen, ist an dem Ende A eine Kraft $K = \frac{S_1 b_1}{a}$ nötig. Dagegen drückt sich diese Kraft bei der Differentialbremse (Fig. 2 und 3) durch $K = \frac{S_1}{a}(b_1 - b \cdot e^{f\alpha})$ aus und man erhält für $b_1 = b\,e^{f\alpha}$ diese Kraft gleich Null, kann also mit einer sehr geringen Kraft, z. B. mit dem Eigengewichte des Bremshebels bremsen, welcher dann nur angehoben zu werden braucht, wenn nicht gebremst werden soll. Diese Differentialbremse ist zuerst von Napier angegeben worden (Zivil-Ing. 1863, S. 223; Weisbach-Herrmann, Ing.- u. Masch.-Mech., III, 1, 5. Aufl., Braunschweig 1879). *Herrmann.*

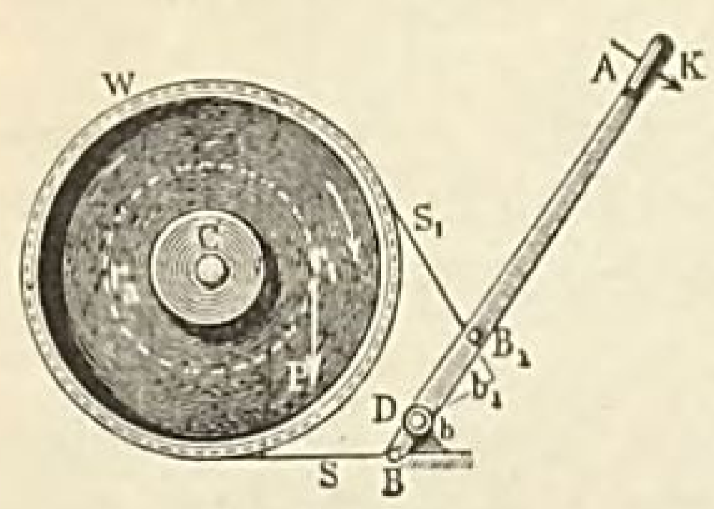


Fig. 2.

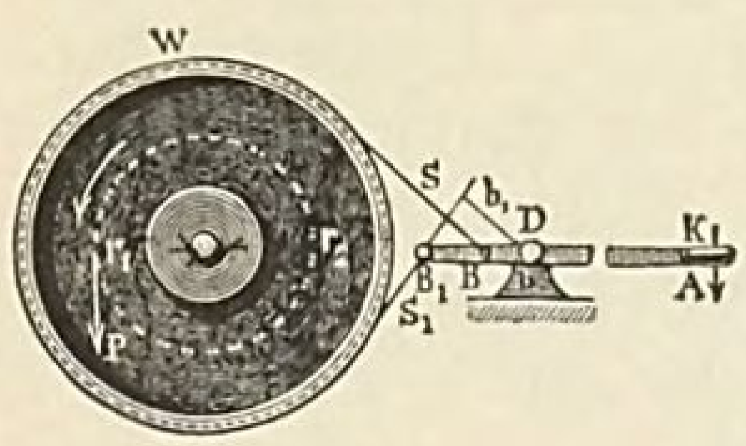


Fig. 3.

Differentialflyer, s. Baumwollspinnerei.

Differentialgetriebe. Mehrere der Reihe nach in einander greifende Zahnräder 1, 2 .. n, deren Axen 01, 02 .. 0n in einem Gliede o, wie in Fig. 1, wo $n = 3$ ist, gelagert sind, bilden ein Vorgelege (s. d.). Bezeichnet r_1 den Radius des Teilkreises des Rades 1, ferner r_2, r'_2 die Radien der Teilkreise des Doppelrades 2-2' und r'_n den Radius des Teilkreises des letzten Rades n, und sind z_1, z_2, z'_2, z'_n die zugehörigen Zähnezahlen, so ist das Uebersetzungsverhältnis ν vom Rade 1 zum Rade n oder das Verhältnis der Drehgeschwindigkeiten dieser beiden Räder, bestimmt durch $\nu = \frac{r'_2 \cdot r'_n}{r_1 \cdot r_2} = \frac{z'_2 \cdot z'_n}{z_1 \cdot z_2}$. Dieses Verhältnis ist positiv oder negativ, je nachdem das erste Rad 1 und das letzte Rad n sich in gleichem oder entgegengesetztem Sinn drehen. Setzen wir dieses Vorgelege mit der Axe 01 drehbar auf ein festes Gestell α, dann erhalten wir ein nicht zwangläufiges Räderwerk. Drehen wir das Glied 0 im Gestell α mit der Drehgeschwindigkeit $\omega_{0\alpha}$ und gleichzeitig das Rad 1 mit der Drehgeschwindigkeit $\omega_{1\alpha}$ im Gestell α, dann wird durch diese zweifache Drehung das Räderwerk zwangläufig, d. h. es vollzieht eine bestimmte Bewegung und in diesem Zustande wird dasselbe ein doppelwirkiges Umlaufgetriebe genannt [1].

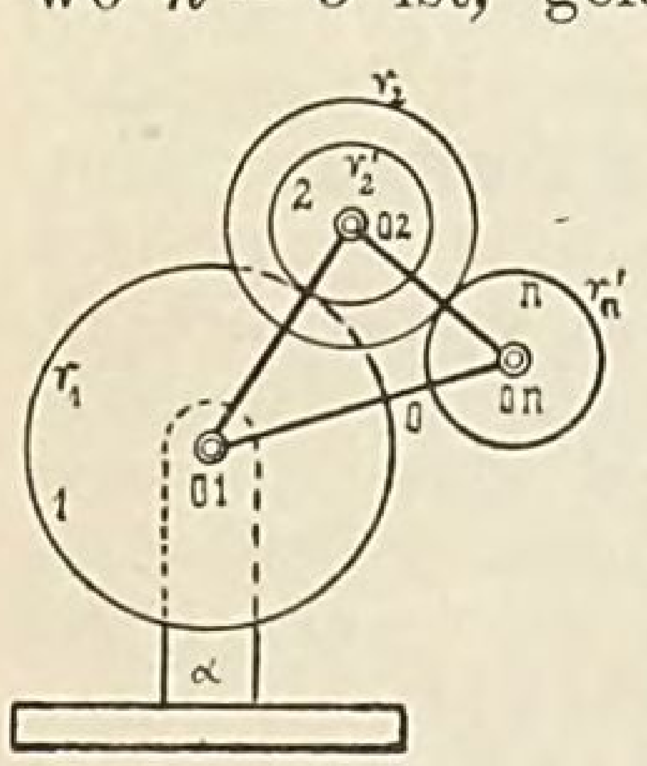


Fig. 1.

Bezeichnet $\omega_{n\alpha}$ die Drehgeschwindigkeit des Rades n in Bezug auf das Gestell α, so ergibt sich für die Drehgeschwindigkeiten ω_{10}, ω_{n0} der Räder 1, n in Bezug auf das Glied 0 $\omega_{10} = \omega_{1\alpha} - \omega_{0\alpha}$, $\omega_{n0} = \omega_{n\alpha} - \omega_{0\alpha}$; und da das Verhältnis $\frac{\omega_{10}}{\omega_{n0}} = \nu$ ist, so folgt die fundamentale Beziehung:

$$\frac{\omega_{1\alpha} - \omega_{0\alpha}}{\omega_{n\alpha} - \omega_{0\alpha}} = \nu; \qquad 1.$$

aus der, wenn zwei von den drei Drehgeschwindigkeiten gegeben sind, die dritte berechnet werden kann.

Wird dieses doppelwirkige Umlaufgetriebe nun so angeordnet, dass die Axe $0n$ des Rades n mit der im Gestell α gelagerten Axe $0\,1$ coincidirt, dann drehen sich die Räder 1, n und das Glied 0 um die gemeinsame Axe $0\,1$ im Gestell α und in dieser Gestaltung erhalten wir ein Differentialgetriebe oder Differentialräderwerk, weil die Drehgeschwindigkeit ω_{1n} des Rades 1 in Bezug auf das coaxiale Rad n der Differenz der Drehgeschwindigkeiten $\omega_{1\alpha}$, $\omega_{0\alpha}$ des Rades 1 und des Gliedes 0 proportional ist.

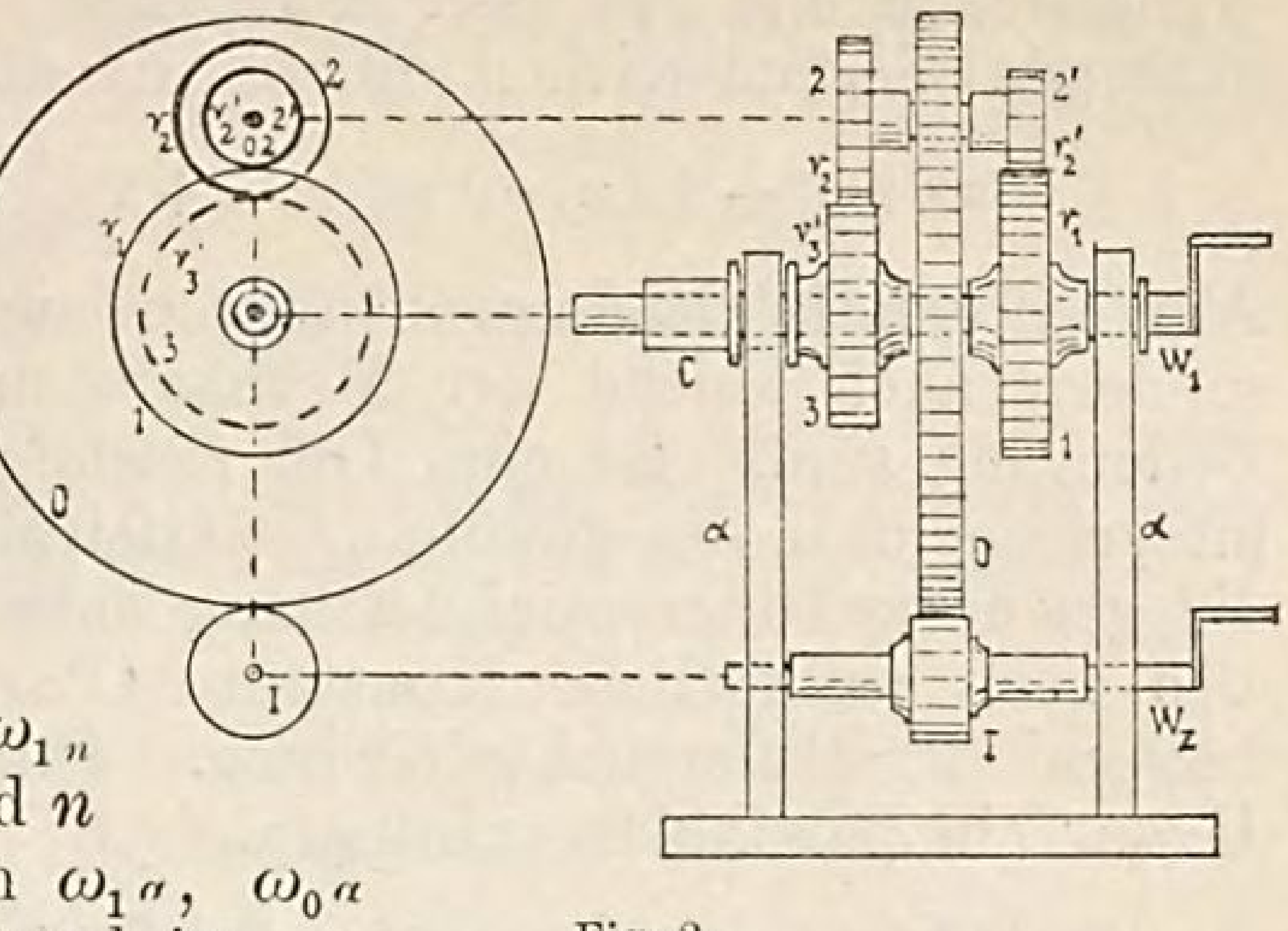


Fig. 2.

Denn es ist: $\omega_{1n} = \omega_{1\alpha} - \omega_{n\alpha}$ und demnach folgt aus der Gleichung 1.:

$$\omega_{1n} = \left(1 - \frac{1}{\nu}\right)(\omega_{1\alpha} - \omega_{0\alpha}). \qquad 2.$$

In der Praxis wird meistens die Anzahl der Räder $n = 3$ genommen, wie bei dem in Fig. 2 gezeichneten Differentialgetriebe, welches im wesentlichen aus den beiden Rädern 1, 3 und dem Doppelrade 2-2′ besteht. Das Rad 1 ist auf der im Gestell α gelagerten Welle W_1 befestigt und das Rad 3 ist mit seiner Nabe c lose auf dieselbe gesetzt. Die Axe 0 2 des umlaufenden Doppelrades 2-2′ ist in dem ebenfalls auf der Welle W_1 lose rotirenden Rad 0 gelagert, welches jenes Glied 0 der Fig. 1 vertritt und von dem auf einer Welle W_I befestigten, im Gestell α drehbaren Rade I getrieben wird. Wenn nun die Welle W_1 und die Welle W_I des Rades I gleichzeitig in Drehung versetzt werden, dann ist das Differentialgetriebe zwangläufig. Ist beispielsweise in Fig. 2 das Uebersetzungsverhältnis $\nu = \frac{r'_2 \cdot r'_3}{r_1 \cdot r_2} = \frac{z'_2 \cdot z'_3}{z_1 \cdot z_2} = 2$, dann ergibt sich aus 2. für die Drehgeschwindigkeit ω_{13} des Rades 1 gegen das Rad 3 $\omega_{13} = \frac{1}{2}(\omega_{1\alpha} - \omega_{0\alpha})$. Werden die Räder 1 und 0 resp. mit den Drehgeschwindigkeiten $\omega_{1\alpha}$, $\omega_{0\alpha}$ in gleichem Sinne im Gestell α gedreht, so ist die Drehgeschwindigkeit ω_{13} in diesem Falle gleich der halben Differenz der Drehgeschwindigkeiten der Räder 1 und 0. Drehen sich aber diese beiden Räder entgegengesetzt, dann ist die Drehgeschwindigkeit ω_{13} gleich der der halben Summe ihrer Drehgeschwindigkeiten. — In Fig. 3 ist ein Differentialgetriebe mit Kegelrädern gezeichnet [2]. Das Kegelrad 1 ist auf der im Gestell α gelagerten Welle W_1 fest und auf dieser Welle ist das gleich grosse Kegelrad 3, sowie das Stirnrad 0 lose drehbar. In dem Stirnrade 0 ist die Axe des umlaufenden Kegelrades 2 radial gelagert, und wegen der Ausgleichung der Massen ist noch ein gleiches zweites Kegelrad 2′ in derselben Weise eingesetzt. Die beiden umlaufenden Kegelräder 2, 2′ greifen beiderseits in die Kegelräder 1, 3; und da diese gleich sind, so sind die Drehungen der Kegelräder 1, 3 in Bezug auf das Stirnrad 0, welches durch die Welle W_I vermittelst des Rades I getrieben wird, entgegengesetzt gleich. Es ist also das Uebersetzungsverhältnis $\nu = -1$, und folglich ergibt sich aus 2. die Drehgeschwindigkeit $\omega_{13} = 2\,(\omega_{1\alpha} - \omega_{0\alpha})$. Aus 1. erhalten wir in diesem Fall, wenn wir den Rädern 1, 3 entgegengesetzte Drehungen erteilen also $+\omega_{1\alpha}$ und $-\omega_{3\alpha}$ einsetzen, $\omega_{0\alpha} = \frac{1}{2}(\omega_{1\alpha} - \omega_{3\alpha})$.

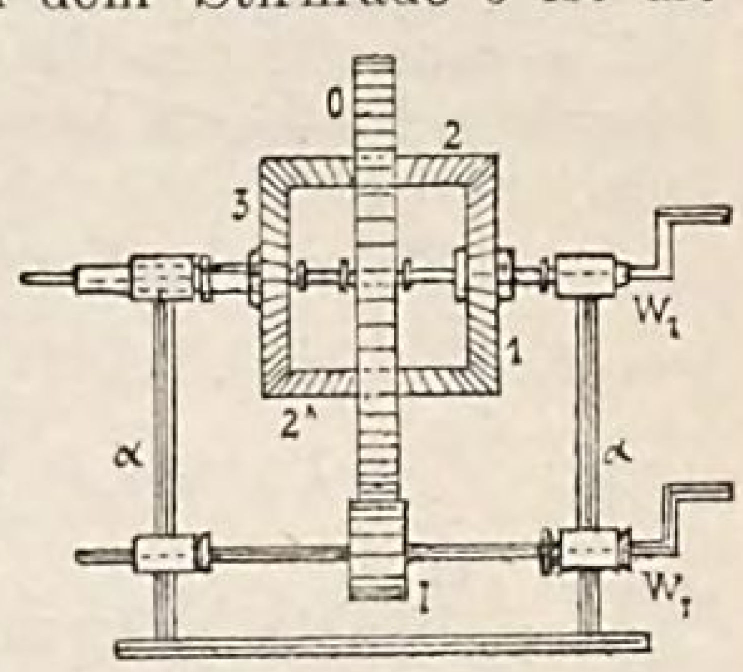


Fig. 3.

Die Drehgeschwindigkeit des Rades 0 gegen das Gestell α ist hiernach gleich der halben Differenz der Drehgeschwindigkeiten der Räder 1, 3. In diesem Falle wird das Rad 0 ein Differentialrad genannt. Auf die mannigfaltigen Anwendungen der Differentialgetriebe in der Praxis hat Pecqueur [3] hingewiesen und verschiedene Gestaltungen der Differentialgetriebe hat Bock [4] mitgeteilt.

Litteratur: [1] L. Burmester, Lehrbuch der Kinematik Bd. 1, S. 503, Leipzig 1888. — [2] Houldsworth Specification Nr. 5316 vom 16. Januar 1826. — Polytechnisches Journal 1828, Bd. 30, S. 89. — [3] Pecqueur, Brevet 19 août 1824; Description des machines T. 39, S. 66, und übersetzt in Demme, Der praktische Maschinenbauer 1842, Lief. 9, S. 20. — [4] Bock, Ueber Differential-Räderwerke, Zeitschr. des Ver. deutscher Ingen. 1879, Bd. 33, S. 411. *Burmester.*

Differentialgleichungen, Gleichungen, in welchen ausser den unabhängigen und abhängigen Veränderlichen auch Differentialquotienten der letzteren nach den ersteren vorkommen. Man unterscheidet zunächst totale Differentialgleichungen, bei welchen nur eine unabhängige Veränderliche vorkommt, und partielle Differentialgleichungen, welche mehrere unabhängige Veränderliche und demgemäss partielle Differentialquotienten nach denselben enthalten.

Die totalen Differentialgleichungen entstehen aus gewöhnlichen Gleichungen mit gewissen Konstanten (Parameter), indem man nach der unabhängigen Veränderlichen differenzirt und die Parameter eliminirt, z. B.:

$$x^2+y^2-2ax=0 \text{ gibt } 2x+2y\frac{dy}{dx}-2a=0 \text{ also } x^2-y^2+2xy\frac{dy}{dx}=0.$$

Auf Differentialgleichungen führen nicht nur viele Probleme der Mathematik, sondern auch solche der Mechanik und Physik, welche für die Technik von Bedeutung sind. Ist eine Differentialgleichung gegeben, so gilt es, dieselbe zu integriren, d. h. die gewöhnliche Gleichung zu finden, durch deren Differentiation die gegebene Differentialgleichung entsteht. Die so gefundene Gleichung, welche also noch willkürliche Konstante (Parameter) enthält, heisst das vollständige Integral der Differentialgleichung. Durch Spezialisirung der Konstanten entsteht daraus ein partikuläres Integral.

Die Differentialgleichung $x^2-y^2+2xy\frac{dy}{dx}=0$ hat z. B. das vollständige Integral: $x^2+y^2-2ax=0$ (wo a ein Parameter) und ein partikuläres Integral wäre etwa: $x^2+y^2-4x=0$ (mit $a=2$).

Je nach der höchsten Ableitung, die vorkommt, werden die Differentialgleichungen in verschiedene Ordnungen eingeteilt; die betreffende Zahl ist zugleich diejenige der Konstanten des vollständigen Integrals.

I. Differentialgleichungen erster Ordnung mit zwei Veränderlichen.

Dieselben enthalten nur die erste Ableitung $\frac{dy}{dx}=y'$; die vollständigen Integrale besitzen daher eine Konstante und können gedeutet werden als Gleichungen von einfachen Kurvenscharen (Integralkurven) in der Ebene. Die Differentialgleichung liefert für einen beliebigen Punkt x, y das zugehörige y', also die Richtung der durch den Punkt hindurchgehenden Scharkurve. Ist die Differentialgleichung linear, d. h. vom ersten Grad in y', so geht durch jeden Punkt der Ebene nur eine Scharkurve. Die Differentialgleichungen erster Ordnung drücken Tangentialeigenschaften der zugehörigen Kurvenscharen aus.

a. Integration der linearen Differentialgleichungen 1. Ordnung. Eine solche kann (durch Multiplikation mit dx) auf die Form $\varphi\,dx+\psi\,dy=0$ gebracht werden. Ist nun φ nur eine Funktion von x allein, ψ eine solche von y allein, so sind „die Veränderlichen getrennt", man kann integriren: $\int\varphi\,dx+\int\psi\,dy=C$ (vollständiges Integral) [1], S. 18, [2], S. 62. Lässt sich die Trennung der Veränderlichen nicht unmittelbar herbeiführen, so muss man sich durch Einführung neuer Veränderlicher zu helfen suchen.

α. Homogene Differentialgleichungen, solche, bei welchen alle Terme der Funktionen φ und ψ vom gleichen Gesamtgrad in Bezug auf x und y sind. Setzt man alsdann $y=tx$, also $dy=t\,dx+x\,dt$, so kann man die Veränderlichen trennen. Beispiel: $(x^2-y^2)\,dx+2xy\,dy=0$ liefert $x^2+y^2-2ax=0$ [1], S. 23, [2], S. 65.

β. Euler'sche Form der Differentialgleichungen $\frac{dy}{dx}+Py=Q$, wo P und Q Funktionen von x allein sind. Auflösung: $y=e^{\int P dx}\left(\int Q e^{\int P dx} dx+C\right)$ [2], S. 73. Die erweiterte Euler'sche Form: $\frac{dy}{dx}+Py=Qy^n$ kommt durch die Substitution $z=\frac{1}{y^{n-1}}$ auf die Euler'sche Form zurück. [2], S. 76.

γ. Exakte Differentialgleichungen heissen solche Differentialgleichungen, welche genau in der Form, in der sie gegeben sind: $\varphi\,dx+\psi\,dy=0$ durch Ableitung einer Funktion $F(x,y)=C$ entstunden. Als Kriterium hierfür hat man: $\frac{\partial\varphi}{\partial y}=\frac{\partial\psi}{\partial x}$. Ist dieses erfüllt, so ist $\int\varphi\,\partial x+\int\left(\psi-\frac{\partial\int\varphi\,\partial x}{\partial y}\right)\partial y=C$. Hierbei ist im Integral $\int\varphi\,\partial x$ die Grösse y als Konstante zu behandeln; dagegen ist die Funktion unter dem zweiten Integralzeichen nur von y abhängig. Beispiel: $(x^2-4xy-2y^2)\,dx+(y^2-4xy-2x^2)\,dy=0$ liefert $\frac{1}{3}x^3-2x^2y-2xy^2+\frac{1}{3}y^3=C$ [2], S. 105.

δ. Integrirender Faktor. Durch Ableiten des vollständigen Integrals $F(x,y)=C$ entsteht immer eine exakte Differentialgleichung $\frac{\partial F}{\partial x}dx+\frac{\partial F}{\partial y}dy=0$. Aber $\frac{\partial F}{\partial x}$ und $\frac{\partial F}{\partial y}$ können einen gemeinsamen Faktor haben, der natürlich in der gegebenen Differentialgleichung wegbleibt. Dieselbe ist daher nicht mehr exakt, kann aber durch Zufügung dieses sogen. „integrirenden Faktors" wieder exakt gemacht werden, z. B. aus $\frac{x^2+y^2}{2x}=a$ entsteht $\frac{(x^2-y^2)\,dx+2xy\,dy}{x^2}=0$, daher ist $\frac{1}{x^2}$ der integrirende Faktor von $(x^2-y^2)\,dx+2xy\,dy=0$ [2], S. 106.

ε. Die Riccati'sche Gleichung $\frac{dy}{dx}+ay^2=bx^m$ ist integrirbar, wenn m eine Zahl von der Form $\frac{-4r}{2r-1}$ ist (wo r eine ganze positive Zahl bedeutet). Setzt man nämlich $y=\frac{1}{2ax}+\frac{z}{x^2}$;

$z = \frac{1}{w}$; $x = u \frac{1}{m+3}$, so kommt man wieder auf eine Riccati'sche Gleichung, bei welcher jetzt aber an Stelle von m der Wert $m_1 = \frac{-4(r-1)}{2(r-1)-1}$ steht. So lässt sich r successive erniedrigen; für $r = 0$ ist $m = 0$ und die Veränderlichen sind trennbar. Ist m von der Form $\frac{-4r}{2r+1}$, so lässt sich dieser Fall mittelst der Substitution $x = t \frac{1}{m+1}$; $y = \frac{1}{u}$ auf den vorigen zurückführen [1], S. 195, [2], S. 78. Ist aber m eine beliebige Zahl, so kann die Riccati'sche Gleichung nur vermittelst Bessel'scher Funktionen (s. d.) integrirt werden [1], S. 199.

ζ. Ein tieferes Verständnis für die verschiedenen Methoden, die linearen Differentialgleichungen erster Ordnung zu integriren, ermöglicht die Lehre von den Transformationsgruppen (s. Gruppentheorie) [6]. Diese Methoden erscheinen hier als Ausfluss einer allgemeineren Theorie und es wird insbesondere auch in die Bedeutung des integrirenden Faktors eine tiefere Einsicht gewonnen [6], S. 95.

b. Differentialgleichungen erster Ordnung von höherem Grad. Kommt die Ableitung $p = \frac{dy}{dx}$ in höherem Grad in einer Differentialgleichung $F(x,y,p) = 0$ vor, so gehen durch jeden Punkt der Ebene mehrere (reelle oder imaginäre) Integralkurven. Die Kurvenschar des vollständigen Integrals $f(x, y, C) = 0$ besitzt alsdann eine Umhüllungskurve, die singuläre Integralkurve. Ihre Gleichung, das singuläre Integral, welches im allgemeinen von den partikulären Integralen verschieden ist, erhält man entweder durch Elimination von p zwischen $F = 0$ und $\frac{\partial F}{\partial p} = 0$ oder durch Elimination der Konstanten C zwischen $f = 0$ und $\frac{\partial f}{\partial C} = 0$. Doch muss dieselbe noch darauf untersucht werden, ob sie wirklich ein Integral der Differentialgleichung ist; die betreffende Kurve ist nämlich unter Umständen nicht eine Umhüllung, sondern der Ort von Rückkehrpunkten oder anderen singulären Punkten der Integralkurven.

c. Entscheidung, ob eine gegebene Gleichung $f = 0$ ein vollständiges, partikuläres oder singuläres Integral der Differentialgleichung $F(x,y,p) = 0$ ist oder nicht.

α. Eine Gleichung $f(x, y, C) = 0$ mit willkürlichen Konstanten C (d. h. mit einer Konstanten, welche in $F = 0$ nicht vorkommt) ist das vollständige Integral von $F = 0$, wenn durch Elimination von C aus $f = 0$ und $\frac{\partial f}{\partial x} + \frac{\partial f}{\partial y} p = 0$ eine mit $F = 0$ übereinstimmende Differentialgleichung entsteht.

β. Eine Gleichung $f = 0$ ohne willkürliche Konstante ist überhaupt ein Integral von $F = 0$, wenn bei Elimination von y und p aus $f = 0$; $\frac{\partial f}{\partial x} + \frac{\partial f}{\partial y} p = 0$ und $F = 0$ auch x herausfällt.

γ. Das Integral $f = 0$ ohne willkürliche Konstante ist ein singuläres, wenn ausserdem bei Elimination von y und p aus $f = 0$; $\frac{\partial f}{\partial x} + \frac{\partial f}{\partial y} p = 0$ und $\frac{\partial F}{\partial p} = 0$ auch x herausfällt; andernfalls ist $f = 0$ ein partikuläres Integral.

d. Integration von Differentialgleichungen erster Ordnung höheren Grads.

α. Ist gegeben $x = f(p)$, so ist $y = \int p \frac{df}{dp} dp + C$, womit x und y in Funktion des Parameters p gegeben sind [2], S. 92.

β. Ist gegeben $y = f(p)$, so ist $x = \int \frac{1}{p} \frac{df}{dp} dp + C$ [2], S. 93.

γ. Clairaut'sche Form: $y = px + f(p)$; vollständiges Integral $y = Cx + f(C)$, also immer eine Geradenschar. Dieselbe umhüllt die Kurve des singulären Integrals: $\begin{cases} x = -f'(p) \\ y = -pf'(p) + f(p) \end{cases}$ [1], S. 3, [2], S. 94.

δ. Erweiterte Clairaut'sche Form: $y = x\varphi(p) + f(p)$ gibt durch Differentiation: $\frac{dx}{dp} - \frac{\frac{d\varphi}{dp}}{p-\varphi} x = \frac{\frac{df}{dp}}{p-\varphi}$, also eine Euler'sche Form (s. oben α., β.).

II. Differentialgleichungen höherer Ordnung.

Eine Differentialgleichung n-Ordnung enthält die n. Ableitung von y nach x; ihr vollständiges Integral besitzt daher n willkürliche Konstanten und ist somit die Gleichung einer n-fachen Kurvenschar. Die Differentialgleichungen zweiter Ordnung stellen Krümmungseigenschaften der zugehörigen Scharkurven dar. Für die linearen Differentialgleichungen n-Ordnung (in denen y und seine Differentialquotienten nur im ersten Grad vorkommen) gilt der Satz: Sind $y_1 = 0$, $y_2 = 0 \ldots y_n = 0$, n unabhängige partikuläre Integrale derselben, so ist: $C_1 y_1 + C_2 y_2 + \ldots + C_n y_n = 0$ das vollständige Integral.

a. Integration der linearen Differentialgleichungen höherer Ordnung mit konstanten Koefficienten ohne Absolutglied: $y^{(n)} + A_1 y^{(n-1)} + \ldots + A_{n-1} y' + A_n y = 0$ [1], Kap. 3, [2], Kap. 4. Es seien $a_1 a_2 \ldots a^n$ die Wurzeln der Hilfsgleichung: $x^n + A_1 x^{n-1} + \ldots + A_{n-1} x + A_n = 0$, so sind $e^{a_1 x}, e^{a_2 x} \ldots \ldots e^{a_n x}$ partikuläre Integrale und $y = C_1 e^{a_1 x} + C_2 e^{a_2 x} \ldots + C_n e^{a_n x}$ das vollständige Integral.

α. Ist a_1 eine r-fache Wurzel der Hilfsgleichung, so sind die zugehörigen partikulären Integrale: $e^{a_1 x}$; $x e^{a_1 x} \ldots x^{r-1} e^{a_1 x}$.

β. Sind $\alpha_1 \pm i\beta_1$ zwei komplex konjugirte Wurzeln der Hilfsgleichung, so sind die zugehörigen partikulären Integrale: $e^{\alpha_1 x}\cos\beta_1 x$ und $e^{\alpha_1 x}\sin\beta_1 x$.

b. Komplementäre Funktion. Besitzt die unter a. behandelte Differentialgleichung als Absolutglied eine Funktion von x auf der rechten Seite, so ist zunächst die Differentialgleichung mit Weglassung des Absolutglieds zu integriren. Dem vollständigen Integral (in [1] irrtümlich komplementäre Funktion genannt) ist dann noch ein partikuläres Integral, die sogen. komplementäre Funktion oder Störungsfunktion Φ beizufügen; dieselbe ist in einzelnen Fällen leicht zu ermitteln.

α. Ist X eine ganze rationale Funktion n. Grads, so ist Φ eine eben solche Funktion mit unbestimmten Koefficienten.

β. Ist X eine Exponentialfunktion $e^{\alpha x}$, so ist $\Phi = ce^{\alpha x}$; wenn aber α eine Wurzel der Hilfsgleichung ist, so ist $\Phi = cxe^{\alpha x}$ u. s. f.

γ. Ist X eine goniometrische Funktion $\sin\beta x$ oder $\cos\beta x$ (oder beide zusammen), so ist $\Phi = c_1\sin\beta x + c_2\cos\beta x$ (sie muss ebenfalls mit x multiplizirt werden, wenn $\sin\beta x$ und $\cos\beta x$ schon im vollständigen Integral vorkommen).

δ. In ähnlicher Weise ist zu verfahren, wenn X eine Funktion von x, $e^{\alpha x}$, $\sin\beta x$ oder $\cos\beta x$ ist, z. B. $e^{\alpha x}\sin\beta x$ u. s. f. Die unbestimmten Koefficienten von Φ werden durch Einsetzen bestimmt.

c. Variation der Konstanten [1], S. 113. Ist das Absolutglied von anderer Form, als unter b. angegeben wurde, so werden im vollständigen Integral der Differentialgleichung ohne Absolutglied die Konstanten $C_1 C_2 \ldots C_n$ als Funktionen von x betrachtet. Ihre Ableitungen $C_1' C_2' \ldots C_n'$ bestimmen sich nun aus den Gleichungen:

$$\begin{cases} 0 = C_1' y_1 + C_2' y_2 + \cdots + C_n' y_n \\ 0 = C_1' y_1' + C_2' y_2' + \cdots + C_n' y_n' \\ \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \\ 0 \quad C_1' y_1^{(n-2)} + C_2' y_2^{(n-2)} + \cdots + C_n' y_n^{(n-2)} \\ X = C_1' y_1^{(n-1)} + C_2' y_2^{(n-1)} + \cdots + C_n' y_n^{(n-1)} \end{cases}$$

Die Methode ist auch auf lin. Differentialgleichungen mit veränderlichen Koefficienten anwendbar, wenn man nur n partikuläre Integrale derselben kennt.

d. Integration von linearen Differentialgleichungen höherer Ordnung mit veränderlichen Koefficienten. Von Wichtigkeit ist folgender Fall: $(a+\alpha x)^n y^{(n)} + A_1(a+\alpha x)^{n-1} y^{(n-1)} + \ldots + A_{n-1}(a+\alpha x)y' + A_n y = X$, wo $A_1 \ldots A_n$ Konstante sind. Durch die Substitution $a + \alpha x = \alpha e^t$ kommt man auf den unter a. behandelten Fall zurück [1], S. 28, [2], S. 199.

III. Integration von Differentialgleichungen mittelst Reihen [1], Kap. 5, [2], S. 219.

Wenn die seither angegebenen Methoden versagen, so schreibt man y als Reihe nach steigenden (resp. fallenden) Potenzen von x mit unbestimmten Exponenten und Koefficienten an, setzt dieselbe in die Differentialgleichung ein und bestimmt die Koefficienten und Exponenten durch Koefficientenvergleichung. Statt der Reihen können auch bestimmte Integrale gute Dienste leisten [1], Kap. 7, [2], S. 236.

IV. Differentialgleichungen mit mehr als zwei Veränderlichen.

a. Ist eine einzige solche gegeben, so gelingt es in einzelnen Fällen, die Veränderlichen zu trennen [2], z. B. S. 119. Die Differentialgleichung $\frac{dx}{\sqrt{1-x^2}} + \frac{dy}{\sqrt{1-y^2}} = \frac{dt}{\sqrt{1-t^2}}$ besitzt das transcendente Integral: $\arcsin x + \arcsin y = \arcsin t$ und das ihm gleichwertige algebraische $x\sqrt{1-y^2} + y\sqrt{1-x^2} = t$.

b. Der Inbegriff von mehreren Differentialgleichungen mit mehreren abhängigen Veränderlichen heisst: simultane (gleichzeitige) Differentialgleichungen. Man bestimmt eine der Veränderlichen, indem man die übrigen samt ihren Ableitungen eliminirt; hierbei hat man eventuell die gegebenen Differentialgleichungen erst noch abzuleiten [1], S. 299.

Hierher gehören die partiellen Differentialgleichungen (vgl. unten).

Litteratur: Von den unten genannten Werken sind zum Studium in erster Linie [1] und [2] zu empfehlen. Die Werke [3] und [4] handeln speziell von linearen Differentialgleichungen; [3] und [5] benützen funktionen-theoretische Hilfsmittel und eignen sich mehr zum tieferen Eindringen. [6] steht auf dem Standpunkt der Transformationsgruppentheorie. — [1] Forsyth, A. R., Lehrbuch der Differentialgleichungen, herausg. v. H. Maser, Braunschweig 1889. — [2] Serret, J. A., Lehrbuch der Differential- und Integralrechnung, Deutsch von A. Harnack, Bd. 2, 2. Hälfte, Leipzig 1885. — [3] Schlesinger, L., Handbuch der Theorie der linearen Differentialgleichungen I, Leipzig 1895. — [4] Heffter, L., Einleitung in die Theorie der linearen Differentialgleichungen mit einer unabhängigen Variabeln, Leipzig 1894. — [5] Königsberger, L., Lehrbuch der Theorie der Differentialgleichungen mit einer unabhängigen Variabeln, Leipzig 1889. — [6] Lie, S., Vorlesungen über Differentialgleichungen mit bekannten infinitesimalen Transformationen, herausg. v. Scheffers, Leipzig 1891.

Wölffing.

Die partiellen Differentialgleichungen entstehen durch partielle Ableitung einer gewöhnlichen Gleichung nach den unabhängigen Veränderlichen und Elimination von Funktionen; z. B. aus $z = \varphi(x^2 + y^2 + z^2)$ erhält man

$$\frac{\partial z}{\partial x} = 2\varphi'(x^2+y^2+z^2)\left(x + z\frac{\partial z}{\partial x}\right) \frac{\partial z}{\partial y} = 2\varphi'(x^2+y^2+z^2)\left(y + z\frac{\partial z}{\partial y}\right).$$

Durch Elimination von φ' entsteht $x\frac{\partial z}{\partial y} - y\frac{\partial z}{\partial x} = 0$. — Geometrisch gedeutet gehört eine partielle Differentialgleichung nicht einer Schar von Flächen, sondern einer Familie von solchen an, d. h. dem Inbegriff aller Flächen, welche eine gewisse Eigenschaft besitzen.

Beispiele: $\alpha p + \beta q = \gamma$ Differentialgleichung aller Cylinderflächen, deren Mantellinien der Geraden $\frac{x}{\alpha} = \frac{y}{\beta} = \frac{z}{\gamma}$ parallel sind; $p(x-a) + q(y-b) = z - c$ Differentialgleichung aller Kegelflächen mit Mittelpunkt $\left(\frac{a}{c}, \frac{b}{c}\right)$; $px + qy = 0$ Differentialgleichung aller Konoïdflächen mit der xy-Ebene als Richtebene und der z-Axe als Leitgerade; $qx - py = 0$ Differentialgleichung aller Umdrehungsflächen mit der z-Axe als Drehungsaxe; $rt - s^2 = 0$ Differentialgleichung aller abwickelbaren Flächen u. s. f.

Eine partielle Differentialgleichung integriren, heisst die gewöhnliche Gleichung suchen, durch deren partielle Ableitung erstere entstanden ist. Bei linearen partiellen Differentialgleichungen erster Ordnung genügt es, zwei partikuläre Integrale u und v zu kennen; denn alsdann ist $u = \varphi(v)$ die allgemeine Lösung, wo φ eine willkürliche Funktion ist. Die Flächenscharen $u = c_1$ und $v = c_2$ schneiden sich in Kurven, welche als Charakteristiken der betreffenden Flächenfamilie bezeichnet werden und deren je unendlich viele auf einer Fläche der Familie liegen. In obigem Beispiel sind die Charakteristiken $\left\{\begin{matrix} z = c_1 \\ x^2 + y^2 + z^2 = c_2 \end{matrix}\right\}$ horizontale Kreise, die ihre Mittelpunkte auf der z-Axe haben; je unendlich viele derselben liegen auf einer Umdrehungsfläche.

Die Integration der linearen partiellen Differentialgleichungen erster Ordnung von der Form $Pp + Qq = R$ (wo P, Q und R Funktionen von $x\,y\,z$ sind) erfolgt durch Integration der simultanen totalen Differentialgleichungen: $\frac{dx}{P} = \frac{dy}{Q} = \frac{dz}{R}$. Die vollständigen Integrale derselben $u = c_1$ und $v = c_2$ sind partikuläre Integrale der partiellen Differentialgleichung, daher $u = \varphi(v)$ die allgemeine Lösung. Partielle Differentialgleichungen zweiter Ordnung kommen vielfach in der mathematischen Physik vor (s. [5]); z. B. in der Theorie der Saitenschwingungen die Differentialgleichung $r = a^2 t$ mit der Lösung $z = \varphi(y + \alpha x) + \psi(y - \alpha x)$ und bei der Wärmebewegung die Differentialgleichung: $p = a^2 t$ mit den partikulären Integralen $e^{-a^2\alpha^2 x} \cos \alpha(y - \lambda)$ und $e^{-a^2\alpha^2 x} \sin \alpha(y - \lambda)$ wo α und λ Konstante sind.

Litteratur: Von den hier angeführten Werken beschränken sich [3] und [4] auf partielle Differentialgleichungen erster Ordnung; [4] bedient sich der Berührungstransformationen (s. Gruppentheorie). In [5] finden sich Anwendungen auf mathematische Physik. —
[1] Forsyth, Lehrbuch der Differentialgleichungen, deutsch von Maser, Braunschweig 1889, Kap. 9 u. 10. — [2] Serret, J. A., Lehrbuch der Differential- und Integralrechnung, Bd. 2., zweite Hälfte, Leipzig 1885, Kap. 6. — [3] Mansion, Theorie der partiellen Differentialgleichungen erster Ordnung, 2. Aufl., Berlin 1892. — [4] Goursat, E., Vorlesungen über die Integration der partiellen Differentialgleichungen erster Ordnung, deutsch von Maser, Leipzig 1893. — [5] Riemann, B., Partielle Differentialgleichungen, herausgegeben von K. Hattendorf, 2. Aufl., Leipzig 1876.

Wölffing.

Differentialgleichungen der Bewegung. Sind x, y, z die rechtwinkeligen Koordinaten eines Punktes M als Funktion der Zeit t gegeben, so stellen deren erste Differentialquotienten nach t die Komponenten seiner Geschwindigkeit v und die zweiten Differentialquotienten derselben die Komponenten seiner Beschleunigung φ dar; die Masse m des Punktes, multiplizirt mit den ersteren, gibt die Komponenten der Momentankraft mv, multiplizirt mit den letzteren die Komponenten der beschleunigenden Kraft $m\varphi$. Sind umgekehrt die Komponenten X, Y, Z der Beschleunigung φ gegeben, so nennt man die Gleichungen:

$$\frac{d^2x}{dt^2} = X, \quad \frac{d^2y}{dt^2} = Y, \quad \frac{d^2z}{dt^2} = Z$$

gewöhnlich die Differentialgleichungen der Bewegung des Punktes. Darin können die Grössen X, Y, Z aber t, x, y, z, $\frac{dx}{dt}$, $\frac{dy}{dt}$, $\frac{dz}{dt}$ enthalten; auch ist es nicht notwendig, dass diese Gleichungen in der hier vorliegenden aufgelösten Form gegeben sind, vielmehr nennt man im allgemeinen drei Gleichungen zwischen t, x, y, z $\frac{dx}{dt}$, $\frac{dy}{dt}$, $\frac{dz}{dt}$, $\frac{d^2x}{dt^2}$, $\frac{d^2y}{dt^2}$, $\frac{d^2z}{dt^2}$ die Differentialgleichungen (zweiter Ordnung) der Bewegung eines Punktes. Die Integration eines solchen Systems simultaner Differentialgleichungen führt zur Kenntnis der durch sie definirten Bewegung des Punktes; ihre drei ersten Integrale liefern, da sie nur erste Differential-

quotienten enthalten, die Komponenten der Geschwindigkeit, ihre zweiten Integrale, welche frei von allen Differentialzeichen sind, die Koordinaten des Punktes, durch die Zeit ausgedrückt. Ihre Integration führt sechs Konstanten ein, welche dadurch bestimmt werden können, dass die Werte der Komponenten der Geschwindigkeit und die der Koordinaten für irgend eine Zeit, z. B. für $t=o$ bekannt sind. In den Gleichungen der Bewegung eines Punktes spielt die Masse desselben keine Rolle. Erst wenn mehrere Punkte zu einem System zusammentreten, braucht von dem Verhältnis der Massen desselben geredet zu werden. Da aber ein Punkt für sich allein als das einfachste aller Systeme angesehen werden kann, so pflegen viele auch in seine Bewegungsgleichungen überflüssigerweise die Masse einzuführen und dadurch dieser die scheinbare Form von Gleichungen für Kräfte zu geben. Multiplizirt man nämlich die obigen Gleichungen auf beiden Seiten mit der Masse m des Punktes und schreibt rechts X, Y, Z für mX, mY, mZ, so nehmen sie die Gestalt an: $m\frac{d^2x}{dt^2}=X$, $m\frac{d^2y}{dt^2}=Y$, $m\frac{d^2z}{dt^2}=Z$, wo jetzt X, Y, Z die Komponenten der Kraft F bedeuten, welche dem Punkt seine Beschleunigung φ erteilt. Ist der Punkt nicht frei, sondern gezwungen, auf einer Kurve oder Fläche zu bleiben, so müssen x, y, z ausser den Gleichungen der Bewegung den Gleichungen der Kurve oder der Fläche genügen. Diese Bedingungen können durch Beschleunigungen (Druckbeschleunigungen, Spannungsbeschleunigungen etc.) oder Kräfte (Drucke, Spannungen, Widerstände etc.) ersetzt werden. — Indem man andere Koordinaten als die Parallelkoordinaten x, y, z verwendet, nehmen die Bewegungsgleichungen von den obigen verschiedene Formen an.

Um die Differentialgleichungen der Bewegung eines unveränderlichen freien Systems aufzustellen, auf welches ein gegebenes Kräftesystem wirkt, hat man die Aequivalenz dieses Kräftesystems mit dem System der Kräfte $m\varphi$ auszudrücken, welche den einzelnen Massenpunkten m ihre (noch zu findende) Beschleunigung φ erteilen. Man führt dies aus, indem man beide Kräftesysteme für den Massenmittelpunkt reduzirt und die Reduktionselemente derselben (Reduktionsresultanten und resultirende Axenmomente) einander gleichsetzt. Zu diesem Ende bedient man sich zweier Koordinatensysteme, eines unbeweglichen der x, y, z, dem Raume angehörig, in welchem die Bewegung erfolgt und in diesem festen, und eines zweiten, dem beweglichen System angehörigen und mit ihm beweglichen der x', y', z'. Der Ursprung des ersten ist ein beliebig wählbarer Punkt des Raumes der Bewegung. Zum Ursprung des zweiten wählt man in der Regel den Massenmittelpunkt S. Die Bewegung des Systems zerfällt in jedem Momente in die Bewegung des Massenmittelpunktes und die Bewegung um diesen oder, was dasselbe ist, in eine Translationsbewegung, welche durch die Bewegung des Massenmittelpunktes angegeben wird und eine Rotation um die Momentanaxe des Massenmittelpunktes. Die Bewegung des Massenmittelpunktes S führt zu drei Gleichungen:

$$M\frac{d^2x_1}{dt^2}=\Sigma X,\quad M\frac{d^2y_1}{dt^2}=\Sigma Y,\quad M\frac{d^2z_1}{dt^2}=\Sigma Z,$$

worin x_1, y_1, z_1 die Koordinaten des Punktes S in Bezug auf das feste Koordinatensystem der x, y, z, M die Gesamtmasse des Systems und X, Y, Z die Komponenten der gegebenen Kräfte, parallel der festen Axen sind. Man erhält diese Gleichungen, indem man die Reduktionsresultante der Kräfte, die für die Reduktion für alle Punkte des Raumes dieselbe ist, für den festen Ursprung bildet, was zu $\Sigma m\frac{d^2x}{dt^2}=\Sigma X$, $\Sigma m\frac{d^2y}{dt^2}=\Sigma Y$, $\Sigma m\frac{d^2z}{dt^2}=\Sigma Z$ führt und die linken Seiten mit Hilfe der Differentiation der Gleichungen $\Sigma mx=Mx_1$, $\Sigma my=My_1$, $\Sigma mz=Mz_1$ umgestaltet.

Die Bewegung um die Momentanaxe des Massenmittelpunktes wird durch 3 Gleichungen dargestellt, welche aus der Aequivalenz des Axenmomentes der gegebenen Kräfte und des Axenmomentes der aus der Winkelbeschleunigung (s. d.) und der Zentripetalbeschleunigung gegen die Momentanaxe entspringenden Kräfte herrühren. Man zeigt leicht, dass die Komponenten des Axenmomentes der Winkelbeschleunigungskräfte die Differentialquotienten der Komponenten G_x', G_y', G_z' des Axenmomentes der Momentankräfte parallel der Axen der x', y', z', d. h. gleich $\frac{dG_x'}{dt}$, $\frac{dG_y'}{dt}$, $\frac{dG_z'}{dt}$ sind, während die Komponenten des Axenmomentes der Zentripetalkräfte die Werte $\omega_y'G_z'-\omega_z'G_y'$, $\omega_z'G_x'-\omega_x'G_z'$, $\omega_x'G_y'-\omega_y'G_x'$ haben. Sind daher L, M, N die Komponenten des Axenmomentes der gegebenen Kräfte parallel den Axen der x', y', z', so sind die drei fraglichen Bewegungsgleichungen

$$\frac{dG_x'}{dt}+\omega_y'G_z'-\omega_z'G_y'=L,\quad \frac{dG_y'}{dt}+\omega_z'G_x'-\omega_x'G_z'=M,\quad \frac{dG_z'}{dt}+\omega_x'G_y'-\omega_y'G_x'=N.$$

Hierin bedeuten ω_x', ω_y', ω_z' die Komponenten der Winkelgeschwindigkeit ω um dieselben Axen. Die Komponenten G_x', G_y', G_z' können mit Hilfe der lebendigen Kraft gebildet werden. Die lebendige Kraft $2T$ hat zwei Bestandteile $2T_0=Mv_0^2$ und $2T_1=\omega^2Mk_0^2$, wenn v_0 die

Geschwindigkeit des Massenmittelpunktes, ω die Winkelgeschwindigkeit um die zur Momentanaxe parallele Axe des Massenmittelpunktes und Mk_0^2 das Trägheitsmoment des Systems um diese bedeutet und ist

$$2\,T_1 = \omega^2 M k_0^2 = A\,\omega_x'^2 + B\,\omega_y'^2 + C\,\omega_z'^2 - 2\,D\,\omega_y'\omega_z' - 2\,E\,\omega_z'\,\omega_x' - 2\,F\,\omega_z'\omega_x'.$$

Hieraus ergibt sich

$$\frac{\partial T_1}{\partial \omega_x'} = A\omega_x' - F\omega_y' - E\omega_z' = G_x', \quad \frac{\partial T_1}{\partial \omega_y'} = -F\omega_x' + B\omega_y' - D\omega_z' = G_y',$$

$$\frac{\partial T_1}{\partial \omega_z'} = -E\omega_x' - D\omega_y' + C\omega_z' = G_z',$$

(s. d. Art. Momentkraft). Man kann daher in obigen Gleichungen für die Bewegung des Systems die lebendige Kraft auch formell einführen und die 6 Gleichungen in der Form zusammenstellen:

$$M\frac{d^2x_1}{dt^2} = \Sigma X, \quad M\frac{d^2y_1}{dt^2} = \Sigma Y, \quad M\frac{d^2z_1}{dt^2} = \Sigma Z,$$

$$\frac{d.\frac{\partial T_1}{\partial \omega_x'}}{dt} + \begin{vmatrix} \omega_y' & \omega_z' \\ \frac{\partial T_1}{\partial \omega_y'} & \frac{\partial T_1}{\partial \omega_z'} \end{vmatrix} = L, \quad \frac{d\,\frac{\partial T_1}{\partial \omega_y'}}{dt} + \begin{vmatrix} \omega_z' & \omega_x' \\ \frac{\partial T_1}{\partial \omega_z'} & \frac{\partial T_1}{\partial \omega_x'} \end{vmatrix} = M, \quad \frac{d.\frac{\partial T_1}{\partial \omega_z'}}{dt} + \begin{vmatrix} \omega_x' & \omega_y' \\ \frac{\partial T_1}{\partial \omega_x'} & \frac{\partial T_1}{\partial \omega_y'} \end{vmatrix} = N.$$

Wählt man die Hauptaxen des Massenmittelpunktes S zu Axen der x', y', z', so werden die Deviationsmomente $D = E = F = o$, $T_1 = Ap^2 + Bq^2 + Cr^2$, wenn man, wie üblich, in diesem Falle die Euler'sche Bezeichnung der Komponenten der Winkelgeschwindigkeit ω, nämlich $\omega_x' = p$, $\omega_y' = q$, ω_z' r beibehält. Die drei letzten (Euler'schen) Gleichungen der Bewegung haben sodann die Form:

$$A\frac{dp}{dt} + (C - B)\,q\,r = L, \quad B\frac{dq}{dt} + (A - C)\,r\,p = M, \quad C\frac{dr}{dt} + (B - A) = N.$$

Euler hat als Koordinaten des beweglichen Systems in Bezug auf das feste drei Winkel φ, ψ, ϑ eingeführt, welche die Lage des beweglichen Systems bestimmen. Zieht man durch den Massenmittelpunkt S drei Axen parallel den festen Axen der x, y, z, so bezeichnet ϑ den Winkel der Ebenen der xy und $x'y'$ oder also den Winkel der Axen z, z'; die Schnittlinie dieser beiden Ebenen SK wird die Knoteninie k dieser Ebenen genannt. Der Winkel ψ ist der Winkel (k, x) dieser Linie mit der x-Axe und φ der Winkel (k, x'), den sie mit der x'-Axe bildet. Die Komponenten p, q, r von ω drücken sich leicht durch die Differentialquotienten von φ, ψ, ϑ mit Hilfe folgender Formeln aus:

$$p = \frac{d\,\vartheta}{d\,t}\cos\varphi + \frac{d\,\psi}{d\,t}\sin\varphi\sin\vartheta, \quad q = -\frac{d\,\vartheta}{d\,t}\sin\varphi + \frac{d\,\psi}{d\,t}\cos\varphi\sin\vartheta, \quad r = \frac{d\,\varphi}{d\,t} + \frac{d\,\varphi}{d\,t}\cos\vartheta.$$

Mit Hilfe derselben werden die Euler'schen Gleichungen zu 3 Differentialgleichungen zweiter Ordnung zwischen φ, ψ, ϑ und t. Die 6 Gleichungen der Bewegung bestehen daher zwischen x_1, y_1, z_1; φ, ψ, ϑ, t und führt ihre Integration 12 Konstante ein, welche durch die Anfangswerte der Koordinaten des Massenmittelpunkts und der Euler'schen Winkel in Verbindung mit den Anfangswerten von deren Differentialquotienten, nämlich den Anfangswerten der Komponenten der Geschwindigkeit von S und der Komponenten der Winkelgeschwindigkeit ω bestimmt werden können.

Für ein unveränderliches System, welches Nebenbedingungen unterworfen ist, sowie allgemein für beliebige veränderliche Systeme mit oder ohne solche Bedingungen ergeben sich die Differentialgleichungen der Bewegung am leichtesten mit Hilfe des d'Alembert'schen Prinzips (Bd. 1, S. 213) in Verbindung mit der Euler-Lagrange'schen Methode der Multiplikatoren. Lagrange hat für dieselbe eine zweite Form aufgestellt, von der wir hier wegen der Beschränktheit des Raumes abstehen wollen. In Bezug auf sie, sowie in Bezug auf die mit ihr zusammenhängenden Untersuchungen von Poisson und Hamilton verweisen wir auf Jacobi, Vorlesungen über Dynamik, herausg. von Clebsch, Berlin 1866, S. 51 ff., oder dessen gesammelte mathematische Werke, 2. Aufl., Supplementband. *Schell.*

Differentialhaspel (chinesischer Haspel), s. v. w. Differentialwinde (s. d.).

Differentiallampe, s. Bogenlampen, Bd. 2, S. 589.

Differentialquotient (Ableitung) einer Funktion $y = f(x)$ von x heisst der Grenzwert, welchem der Bruch $\frac{f(x + \Delta x) - f(x)}{\Delta x} = \frac{\Delta y}{\Delta x}$ bei fortwährendem Abnehmen des Zuwachses Δx zustrebt. Dieser Grenzwert kann aber nur dann einen endlichen, vom Vorzeichen von Δx unabhängigen Wert besitzen, wenn $f(x)$ stetig und eindeutig ist; andernfalls wird er unendlich gross oder unbestimmt. Wird bei endlichem Differentialquotienten der Zuwachs der Veränderlichen unendlich klein, so wird es auch der Zuwachs der Funktion; beide gehen in Differentiale über und der Differentialquotient ist daher das Verhältnis zweier Differentiale dy und dx. Man bezeichnet ihn mit $\frac{d\,y}{d\,x}$ oder $\frac{d\,f}{d\,x}$ oder, wenn die unabhängige Veränderliche x selbstverständlich ist, mit y' oder $f'(x)$.

Eine Funktion ableiten oder differenziren heisst: den Differentialquotienten derselben bilden.

Deutet man x als Abscisse, y als Ordinate einer Kurve, so dass $y = f(x)$ deren Gleichung ist, so ist y' gleich der trigonometrischen Tangens des Winkels, welchen die Kurventangente mit der positiven x-Axe bildet. Die Kurve $\left\{\begin{matrix}\text{steigt}\\ \text{fällt}\end{matrix}\right\}$ je nachdem $y \left\{\begin{matrix}\text{positiv}\\ \text{negativ}\end{matrix}\right\}$ ist. Mittelst der Gleichung $dy = y'dx$ kann man die Aenderung (das erste Differential) von y ausdrücken durch den Differentialquotienten und die Aenderung von x.

Der Differentialquotient ist eine Funktion von x; man kann daher von ihm aufs neue den Differentialquotienten bilden und erhält: $\frac{d\frac{dy}{dx}}{dx} = \frac{d^2y}{dx^2} = y''$ als zweiten Differentialquotienten und $d^2y = y''dx^2$ als zweites Differential oder Differential zweiter Ordnung. Das letztere ist dem Quadrat von dx proportional und kann, mit einem ersten Differential verglichen, vernachlässigt werden: $dy + d^2y = dy$. Durch Fortsetzung dieses Verfahrens erhält man höhere Differentialquotienten. Der n. Differentialquotient wird bezeichnet: $y^{(n)}$ oder $f^{(n)}(x)$; ist n eine grössere Zahl, so schreibt man römische Ziffern, z. B. y^{IV}. Hängt eine Grösse z von zwei unabhängigen x und y ab, so kann man x ändern und y unverändert lassen und erhält als Differentialquotient $\frac{\partial z}{\partial x}$; bei der Ausführung dieser Operation wird angenommen, x allein sei unabhängige Veränderliche, y dagegen wird als Konstante behandelt. Aendert man y und lässt x ungeändert, so erhält man $\frac{\partial z}{\partial y}$. Die beiden Grössen $\frac{\partial z}{\partial x} = p$ und $\frac{\partial z}{y} = q$ werden als partielle Differentialquotienten bezeichnet. — Aus beiden setzt sich die Aenderung von z zusammen, wenn x und y ungleich geändert werden: $dz = \frac{\partial z}{\partial x}dx + \frac{\partial z}{\partial y}dy$ das sogen. totale Differential von z. Es gibt auch höhere partielle Differentialquotienten: $r = \frac{\partial^2 z}{\partial x^2}$; $s = \frac{\partial^2 z}{\partial x \partial y}$; $t = \frac{\partial^2 z}{\partial y^2}$. Dabei ist zu bemerken, dass die Reihenfolge der partiellen Differentiationen umgekehrt werden kann, d. h. es ist: $\frac{\partial^2 z}{\partial x \partial y} = \frac{\partial^2 z}{\partial y \partial x}$ u. s. f., desgleichen für mehrere Veränderliche. — Ueber Bildung von Differentialquotienten und Rechnung mit denselben s. Differentialrechnung. *Wölffing.*

Differentialrad, s. Differentialgetriebe.

Differentialräderwerke, s. Differentialgetriebe.

Differentialrechnung, die Rechnung mit Differentialen und Differentialquotienten, bildet zusammen mit der Integralrechnung (s. d.) die sogen. höhere Analysis (Infinitesimalrechnung).

1. Bildung der Differentiale und Differentialquotienten.

a. Bei der Berechnung des Grenzwerts $\lim \frac{f(x+\Delta x) - f(x)}{\Delta x}$ ist zu beachten, dass höhere Potenzen von Δx vernachlässigt werden dürfen, z. B. $f(x) = x^3$; $f'(x) \quad \lim \frac{x^3 + 3x^2\Delta x + 3x(\Delta x)^2 + (\Delta x)^3 - x^3}{\Delta x}$ $= 3x^2 + 3x\Delta x + (\Delta x)^2 = 3x^2$. Ferner ist $dC = 0$ (wenn C eine Konstante ist), $d(C.u) = Cdu$; $d(u + v + \ldots) = du + dv + \ldots\ldots$; $d(u.v) = v\,du + u\,dv$; $d\frac{u}{v} = \frac{v\,du - u\,dv}{v^2}$.

b. Formeln zur Bildung von Differentialen: $dx^n = nx^{n-1}dx$ (oder $\frac{dx^n}{dx} = nx^{n-1}$); $da^x = a^x \,.\, la \,.\, dx$; $de^x = e^x dx$ (wo e die Basis des natürlichen Logarithmensystems); $dlx = \frac{dx}{x}$ (wo lx natürlicher Logarithmus); $d\log_a x = \frac{1}{la}\frac{dx}{x}$ (wo $\log_a x$ Logarithmus zur Basis a); $d\sin x = \cos x\,dx$; $d\cos x = -\sin x\,dx$; $d\,tg\,x = \frac{dx}{\cos^2 x}$; $d\cot x = \frac{-dx}{\sin^2 x}$;

$$d\sec x = \frac{\sin x\,dx}{\cos^2 x};\ d\,\mathrm{cosec}\,x = \frac{-\cos x\,dx}{\sin^2 x};\ d\arcsin x = -d\arccos x$$

$$= \frac{dx}{\sqrt{1-x^2}};\ d\,\mathrm{arc\,tg}\,x = -d\,\mathrm{arc\,cot}\,x = \frac{dx}{1+x^2};\ d\,\mathrm{arc\,sec}\,x = -d\,\mathrm{arc\,cosec}\,x = \frac{dx}{x\sqrt{x^2-1}}.$$

Ist ferner $y = f(x)$, $u = \varphi(y)$, also u die Funktion einer Funktion, so ist $\frac{du}{dx} = \frac{du}{dy} \cdot \frac{dy}{dx}$, z. B. $u = l\sin x$. Man setzt $\sin x = y$, also $ly = u$; $\frac{du}{dx} = \frac{1}{y}\cos x = \cot x$. Solche Potenzen, deren Basis

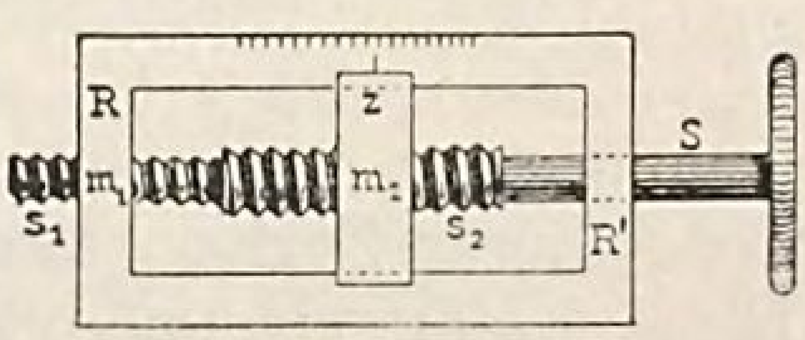
und Exponent veränderlich sind, verwandelt man in Exponentialfunktionen: z. B. $x^x = (e^{lx})^x = e^{x.lx}$; $d\,x^x = e^{xlx}.(l\,x+1)\,d\,x = x^x\,(l\,x+1)\,d\,x$.

c. Zur Bestimmung des Differentialquotienten einer impliciten Funktion hat man einfach die Gleichung, welche dieselbe bestimmt, zu differenziren, z. B. $y^3 + x^2y - x^3 = 0$ gibt $3\,y^2\,y' + 2\,x\,y + x^2 y' - 3\,x^2 = 0$ also $y' = \frac{3\,x^2 - 2\,x\,y}{x^2 + 3\,y^2}$.

2. Anwendungen der Differentialrechnung bestehen in Reihenentwicklungen der Funktionen (s. Reihen), Berechnung unbestimmter Formen, Maxima und Minima (s. d. und Variationsrechnung), Partialbruchzerlegung gebrochener Funktionen (s. Partialbrüche). Hierzu kommen die geometrischen Anwendungen auf die Untersuchung von ebenen Kurven, Raumkurven und Flächen.

Litteratur: Von den unten genannten Werken eignet sich [1] zur elementaren Einführung; [2] und [3] sind beliebte Lehrbücher; [4] nimmt mehr einen funktionen-theoretischen Standpunkt ein; [5] ist ein empfehlenswertes kleines Repetitionsbuch, [6]—[8] Uebungsbücher. Die geometrischen Anwendungen behandeln [9] und [10], solche auf Naturwissenschaften [11] und [12]. — [1] Götting, Einleitung in die Analysis, Berlin 1880. — [2] Stegemann, M., Grundriss der Differential- u. Integralrechnung, Bd. 1, 6. Aufl., Hannover 1892. — [3] Serret, J. A., Lehrbuch der Differential- und Integralrechnung, Deutsch von Harnack, Bd. 1, Leipzig 1884. — [4] Stolz, Grundzüge der Differential- und Integralrechnung, 1, Leipzig 1893. — [5] Deter, Repetitorium der Differential- und Integralrechnung, 3. Aufl., Berlin 1894. — [6] Dölp, H., Aufgaben zur Differential- und Integralrechnung, 5. Aufl., Giessen 1891. — [7] Schlömilch, O., Uebungsbuch zum Studium der höheren Analysis, Bd. 1, 4. Aufl., Leipzig 1888. — [8] Sohncke, Aufgaben aus der Differential- und Integralrechnung, 5. Aufl., Halle 1885. — [9] Darboux, G., Leçons sur la théorie générale des surfaces et les applications géometriques du calcul infinitésimal, I—III, Paris 1887—91. — [10] Joachimsthal, F., Anwendungen der Differential- und Integralrechnung auf die allgemeine Theorie der Flächen und der Linien doppelter Krümmung, herausg. v. Natani, 3. Aufl., Leipzig 1890. — [11] Fuhrmann, A., Naturwissenschaftliche Anwendungen der Differentialrechnung, Berlin 1888. — [12] Nernst, W., und Schönfliess, A., Kurzgefasstes Lehrbuch der Differential- und Integralrechnung mit besonderer Berücksichtigung der Chemie, Leipzig 1895. *Wölffing.*

Differentialschraube. Eine Schraubenspindel S (s. Fig.) ist mit zwei Schraubengewinden S_1, S_2 von verschiedener Ganghöhe h_1, h_2 versehen. Die Schraube S_1 dreht sich in der Mutter m_1, die in den Rahmen RR' enthalten ist, und auf der Schraube S_2 sitzt die Mutter m_2, welche sich in dem Rahmen längs der Schraubenaxe vorschiebt und einen Zeiger z trägt. Während einer Umdrehung der Schraubenspindel S verschiebt sich dieselbe in dem Rahmen um die Ganghöhe h_1 und gleichzeitig verschiebt sich, aber in entgegengesetzter Richtung, die Mutter m_2 um die Ganghöhe h_2 auf der Schraube S_2. Der durch eine Umdrehung der Schraubenspindel S bewirkte Weg der Mutter m_2 oder des Zeigers z in Bezug auf den Rahmen ist demnach $h_1 - h_2$. Diese Differenz kann man beliebig klein machen ohne die Ganghöhen h_1, h_2 klein zu nehmen, und demnach kann man es einrichten, dass einer Umdrehung der Schraubenspindel S ein beliebig kleiner Weg des Zeigers z entspricht. *Burmester.*

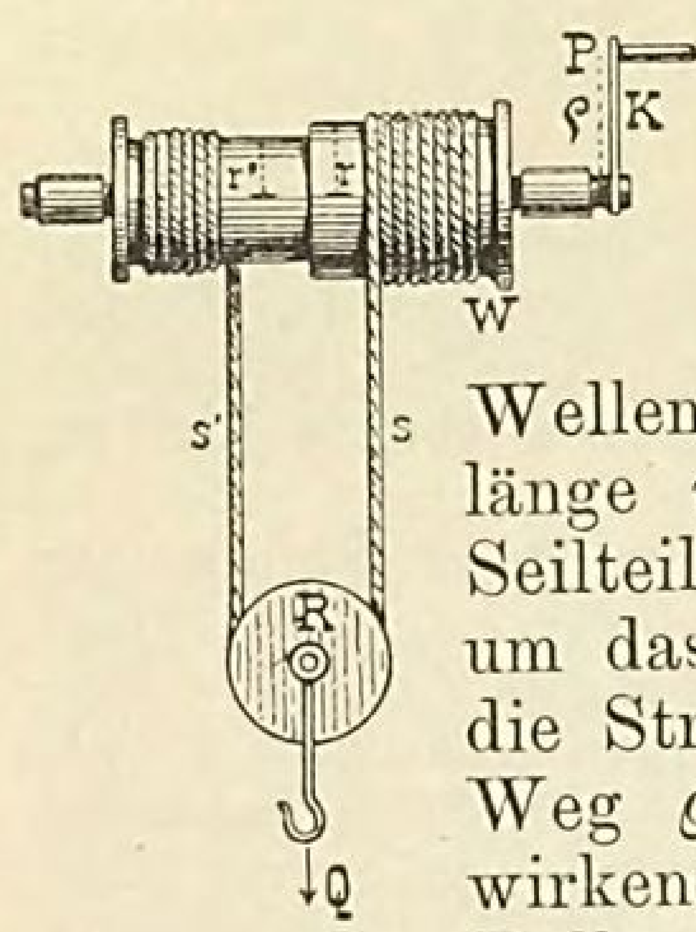


Die Differentialschrauben werden zur Herstellung feiner Bewegungen (um Differenzen der Ganghöhen) bei den Feinbewegungsvorrichtungen der Messinstrumente (Mikrometer) verwendet. S. Feinbewegung, Schraube und Schraubenmikrometer.

Differentialtarife. In weiterem Sinne gilt diese Bezeichnung für alle Tarife, bei denen von dem Grundsatze abgewichen wird, das Fahrgeld oder die Fracht stets in gleichem Verhältnisse mit der Beförderungsweite wachsen zu lassen, also für alle Staffeltarife oder Tarife mit fallender Skala. Im engeren Sinne versteht man unter Differentialtarifen aber den Fall, wo unter allgemeiner Festhaltung des Grundsatzes gleichbleibende Einheitssätze für jede durchfahrene Längeneinheit ausnahmsweise für die Beförderung nach einem bestimmten Orte ein geringerer Betrag berechnet wird, als sich nach jenem allgemeinen Grundsatze ergeben würde. Es hat dies meistens den Zweck, für eine Bahnlinie einen Verkehr heranzuziehen, der ohne diese Ermässigung nicht stattfinden würde. *Launhardt.*

Differentialwinde ist in umstehender Figur schematisch dargestellt. Eine in festen Lagern rotirende Welle W, welche mit einer Kurbel K versehen ist, besitzt einen stärkeren Wellenteil vom Radius r und einen schwächeren Wellenteil vom Radius r'. Von einem Seil ss', welches eine bewegliche Rolle R mit angehängter

Last trägt, ist der eine Seilteil s auf den stärkeren Wellenteil gewunden und an demselben mit dem Ende fest verbunden; ferner ist der andere Seilteil s' entgegengesetzt auf den schwächeren Wellenteil gewunden und an demselben mit dem Ende fest verbunden. Wird nun die Kurbel K, deren Armlänge ϱ ist, so gedreht, dass sich der Seilteil s aufwickelt, dann wickelt sich der Seilteil s' ab. Beschreibt ein im Abstande gleich 1 von der Wellenaxe befindlicher Punkt während dieser Drehung eine Bogenlänge w, dann wird, wenn wir von der Seildicke absehen, der Seilteil S um das Stück rw aufwärts gezogen und der Seilteil S' um das Stück $r'w$ abwärts sinken; folglich wird die Rolle R um die Strecke $\frac{1}{2}(r—r')w$ gehoben und das Kurbelende vollzieht den Weg ϱw. Bezeichnet P die an diesem Kurbelende tangential wirkende Kraft und Q die Last einschliesslich des Gewichtes der Rolle mit Zarge, so verhält sich, wenn wir von der Seildicke und der Reibung absehen, die Kraft zur Last umgekehrt wie die zugehörigen Wege sich verhalten und es ist $P:Q = \frac{1}{2}(r—r^1):\varrho$. Die Kraft P ist also der Differenz der Radien proportional. Je kleiner diese Differenz ist, desto kleiner ist die Kraft P, durch welche die Last im Gleichgewicht gehalten resp. gehoben wird. Die Differentialwinde war schon im Altertum bekannt.



Litteratur: [1] Weinlig, Belagerungsmaschinen der Alten. — [2] Hülsse, Allgem. Maschinen-Encyklopädie, Bd. 1, S. 846, Leipzig 1841. *Burmester.*

Differenz, der Unterschied zweier Grössen a und b, also eine Grösse $a—b$, welche in b addirt a liefert. In logarithmischen und trigonometrischen Tafeln dient die Differenz zweier auf einander folgenden Tafelzahlen zur Interpolation (s. d.). Differenz bei Differenzenreihen s. D i f f e r e n z e n r e c h n u n g.

Differenzengleichungen kommen in der Differenzenrechnung vor und sind entweder Gleichungen zwischen auf einander folgenden Gliedern der Hauptreihe, also etwa $f\,(x,\ u_x,\ u_{x+1},\ \ldots\ldots u_{x+n}) = 0$ oder Gleichungen zwischen u_x und einer Anzahl von Differenzen, also etwa $f\,(x,\ u_x,\ \varDelta u_x,\ \varDelta^2 u_x \ldots\ldots \varDelta^n u_x) = 0$. Jede dieser Formen kann übrigens auf die andere zurückgeführt werden. — Eine Differenzengleichung integriren heisst die Funktion u_x finden, welche derselben genügt. Die Integrale der Differenzengleichungen werden als „endliche Integrale" bezeichnet; die Integration besteht in der That aus einer Summirung endlicher Reihen. Die Integration der linearen Differenzengleichungen:

$$a\,u_{x+n} + b\,u_{x+n-1} + \ldots\ldots + p\,u_{x+1} + q\,u_x = r$$

bietet grosse Analogien mit der Integration der linearen Differentialgleichungen dar (s. D i f f e r e n t i a l g l e i c h u n g e n II. a. und b.). Fehlt das Absolutglied r, so heissen dieselben recurrente Gleichungen.

Litteratur: Die unter Differenzenrechnung [1] und [2] aufgeführten Werke; ferner Heymann, W., Studien über die Transformation und Integration der Differentialgleichungen und Differenzengleichungen, Leipzig 1891, Kap. 4. *Wölffing.*

Differenzenrechnung. Es sei u_x eine Funktion von x, deren Werte für positive ganze x in Form einer Reihe (Hauptreihe) gegeben sind. Die Differenzen $u_{x+1} — u_x$ werde mit $\varDelta u_x$ bezeichnet. Dann bilden alle $\varDelta u_x$ ebenfalls eine Reihe, welche die erste Differenzenreihe der Hauptreihe heisst. Verfährt man mit dieser ebenso, so entsteht die zweite Differenzenreihe, deren Glieder $\varDelta^2 u_x = \varDelta u_{x+1} — \varDelta u_x$ sind u. s. f.

Schema: $u_0\ u_1\ u_2\ u_3\ u_4 \ldots,\ \varDelta u_0\ \varDelta u_1\ \varDelta u_2\ \varDelta u_3 \ldots,\ \varDelta^2 u_0\ \varDelta^2 u_1\ \varDelta^2 u_2 \ldots,\ \ldots\ldots$.
Dabei bestehen die Beziehungen:

$$\varDelta_n\,u_x = u_{x+n} - \binom{n}{1} u_{x+n-1} + \binom{n}{2} u_{x+n-2} + \ldots + (-1)^{n-1} \binom{n}{n-1} u_{x+1} + (-1)^n u^r,$$

wo $\binom{n}{r}$ Binomialkoefficienten (s. d.) und

$$u_{x+n} = u_n + \binom{x}{1} \varDelta u_n + \binom{x}{2} \varDelta^2 u_n + \ldots\ldots + \binom{x}{x-1} \varDelta^{x-1} u_n + \varDelta^x u_n.$$

Die Differenzenrechnung, d. h. die Rechnung mit diesen Differenzen bietet viele Analogien mit der Differentialrechnung und dient zur Lösung von Aufgaben der Wahrscheinlichkeitsrechnung [1] und zur Berechnung der Wurzeln numerischer Gleichungen [3].

Litteratur: [1] Michaelis G., Die Elemente der Differenzenrechnung mit Beispielen aus der Wahrscheinlichkeitsrechnung (Programmabt.), Berlin 1843. — [2] Boole G., Grundlehren

der endlichen Differenzen- und Summenrechnung, deutsch von Schnuse, Braunschweig 1867. — [3] Serret J. A., Handbuch der höheren Algebra, deutsch von G. Wertheim, Bd. 1, 2. Aufl., Leipzig 1878, S. 268 ff. — [4] Hagen J. G., Synopsis der höheren Mathematik, Bd. 1, Berlin 1891, S. 142 ff. *Wölffing.*

Differenzlehren, s. Messwerkzeuge.

Diffraktion, s. Beugung.

Diffuse Reflexion. Während bei der Reflexion des Lichts an vollkommen glatten Flächen die reflektirenden Spiegel nicht selbst sichtbar sind, sondern Bilder der Umgebung zeigen, werden durch die Reflexion an rauhen und matten Körperoberflächen die Körper selbst sichtbar, die Reflexion des Lichtes nach allen Seiten lässt die Körper wie selbstleuchtend erscheinen. Die diffuse Reflexion des Sonnenlichtes an den Körpern der Erdoberfläche, an den Wolken, an den Stäubchen und Nebeltröpfchen der Atmosphäre erzeugt die allgemeine Tageshelle. Die diffuse Reflexion lässt die Körper farbig erscheinen, wenn das Verhältnis der Menge des reflektirten zu der des auffallenden Lichtes je nach der Wellenlänge des Lichtes verschieden ist. (Vergl. Absorption.) Flächen, bei welchen dieses Verhältnis von der Wellenlänge unabhängig ist, zeigen bei der Beleuchtung durch weisses Licht einen höheren oder niedrigeren Grad von Albedo, als deren Mass eben das Verhältnis der beiden Lichtmengen dient.

Zöllner [1] findet für weisses Papier 0.7, frisch gefallenen Schnee 0,783, weissen Sandstein 0,237, feuchte Ackererde 0,079, den Mond 0,1736, den Planeten Mars 0,2627, Jupiter 0,6283, Saturn 0,4981, Uranus 0,6406, Neptun 0,4648. Etwas andere Resultate für die Planeten erhält G. Müller [2], dessen Untersuchungen auch sonst für die physikalische Theorie der diffusen Reflexion von Bedeutung sind. Eine Zusammenstellung der früheren Litteratur des Gegenstandes gibt [3]. Besonders bemerkenswert sind die experimentellen Resultate, welche Angstroem [4] über die Gesetze der diffusen Reflexion der Wärme erhalten hat. Es zeigt sich, dass bei vollständig matten, ebenen Flächen die dem Reflexionsgesetz entsprechende reguläre Reflexion verschwindet, die Intensität der Strahlen der reflektirten Wärme sich gleichmässig um das Einfallslot der Fläche derart verteilt, dass bei Einfallswinkeln kleiner als 30° die senkrecht zur Fläche fortgehenden Strahlen ein Maximum der Intensität zeigen, bei Einfallswinkeln grösser als 30° ein Minimum. Die Intensitätswerte lassen sich durch ein Rotationsellipsoid darstellen, das die Normale der Fläche zur Axe hat und bei 30° Einfallswinkel zur Kugel wird.

Litteratur: [1] Zöllner, Photometrische Untersuchungen, Leipzig 1865. — [2] G. Müller, Helligkeitsbestimmungen der grossen Planeten und einiger Asteroiden, Publikationen des astrophysikalischen Observatoriums zu Potsdam, 8, S. 193, 1893. — [3] Czapsky, Theorie der opt. Instrumente (Separatabdruck aus Winkelmann, Handb. der Physik, Bd. 2), S. 5 u. 6, Breslau 1893. — [4] Knut Angstroem, Ueber die Diffusion der strahlenden Wärme von ebenen Flächen Wiedem. Ann., 26, S. 253, 1885. *Aug. Schmidt.*

Diffuseure, s. Zucker.

Diffusion. In Gasen und in Lösungen gleichen sich lokale Unterschiede der Zusammensetzung allmälich durch Wanderung der Materie aus; man bezeichnet diesen Vorgang im ersten Fall als Gas-(Atmolyse nach Graham), im zweiten als Hydrodiffusion. Unter Diffusionskoefficient versteht man die Substanzmenge, die an einem Tage durch den Querschnitt eines Quadratcentimeters wandert, wenn zwei um 1 cm abstehende Schichten während dieser Zeit eine Konzentrationsdifferenz (= Substanzmenge im Kubikcentimeter) aufweisen, die gleich eins ist. Für in Wasser gelöstes Kochsalz z. B. beträgt er 1,1 (bei Zimmertemperatur).

Litteratur: Landolt u. Börnstein, Tabellen, Berlin 1894. *Nernst.*

Diffusion, im Bergbau, s. Wetterwirtschaft.

Diffusor oder Verteiler, bei den Zentrifugal- oder Schleudergebläsen der das Schaufelrad an seinem äusseren Umfang umschliessende, gegen den Ausblasehals zu allmälich erweiterte, exzentrische, ringförmige Hohlraum, in welchem die aus den Schaufeln ausströmende Luft aufgefangen und deren Geschwindigkeit nach und nach verringert, der Druck derselben demnach vergrössert wird; s. Schleudergebläse. *von Ihering.*

Digestion, in der Chemie ein Verfahren, bei welchem eine feste Substanz mit einer Flüssigkeit übergossen und längere Zeit hindurch einer erhöhten, möglichst konstanten Temperatur ausgesetzt wird. Es geschieht dies in einem Behälter (Digestor) oder besonderen Ofen (Digerirofen), dessen Temperatur auf sich gleichbleibender Temperatur erhalten werden kann.

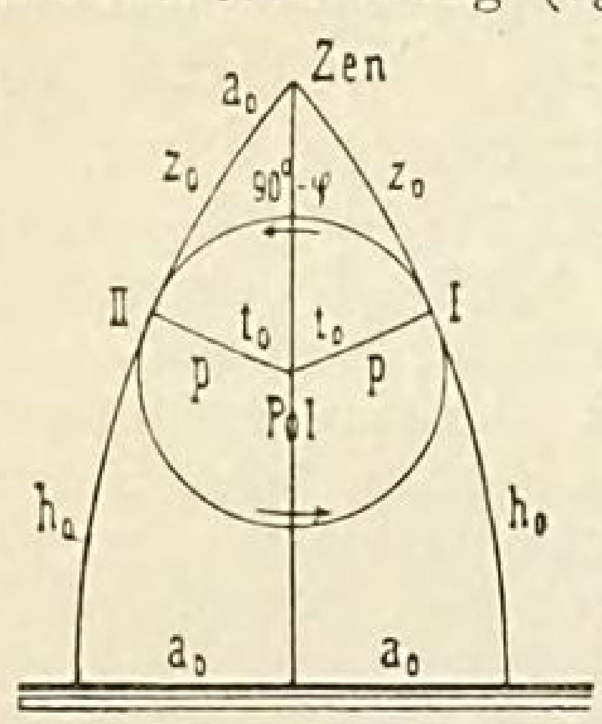
Digestivsalz, s. v. w. Kaliumchlorid (s. d.).

Digestor, s. v. w. Autoklave (s. d.).

Diglyph, s. v. w. Zweischlitz, eine Verzierung des dorischen Frieses, die sich in der Renaissancezeit vorfindet; sie unterscheidet sich von dem weitaus am häufigsten vorkommenden Triglyph dadurch, dass die halben Schlitze an den Enden fehlen.

Digression (Abweichung) wurde und wird in der Astronomie in verschiedenen Bedeutungen, oft gleichbedeutend mit Elongation gebraucht, bezeichnet also oft den Winkelabstand eines Planeten von der Sonne (z. B. grösste Elongation oder Digression eines untern Planeten); am wichtigsten ist für uns hier: Azimut eines (nördlich vom Zenith kulminirenden) Sterns, gezählt vom Nordpunkt des Horizonts aus, also Winkel zwischen dem Nordzweig des Meridians des Beobachtungsorts und dem Vertikalkreis des Sterns.

In der „grössten Digression" (oder ebenfalls kurzweg Digression) steht der Stern in dem einen der zwei Punkte seiner scheinbaren Tagesbahn, in denen die entsprechenden Vertikalkreise diesen Kleinkreis berühren: das Azimut des Sterns ist dort „stationär" und die (grössten) Digressionen eines möglichst nahe beim Pol stehenden Sterns (Polarstern) sind deshalb für eine Azimutbestimmung (vgl. d. Art.) einer von dem Beobachtungspunkt ausgehenden terrestrischen Richtung die günstigsten Zeiten. Bezeichnet p die Poldistanz des Sterns ($= 90^0 - \delta$), und finden (vgl. die Fig.) die (grössten) Digressionen statt im Azimutabstand a_0 vom Nordpunkt des Horizonts aus nach O oder W, so ist



$$\sin a_0 = \frac{\sin p}{\cos \varphi};$$

die Zenithdistanz z_0 (Höhe $h_0 = 90^0 - z_0$) der Digressionen ist

$$\cos z_0 = \sin h_0 = \frac{\sin \varphi}{\cos p};$$

die Zeiten endlich erhält man, indem man zur Zeit des obern Meridiandurchgangs des Sterns den Betrag t_0 aus

$$\cos t_0 = \operatorname{tg} \varphi \operatorname{tg} p$$

addirt und subtrahirt. — Will man a_0, z_0 und t_0 gleichzeitig haben, so kann man sie etwas bequemer und für jeden Fall scharf finden mit Hilfe von

$$k = \sqrt{\sin(\delta + \varphi)\sin(\delta - \varphi)}$$

$$\operatorname{tg} t_0 = \frac{k}{\sin \varphi \cos \delta}, \quad \operatorname{tg} a_0 = \frac{\cos \delta}{k}, \quad \operatorname{tg} z_0 = \frac{k}{\sin \varphi}.$$

Hammer.

Dilatation = Ausdehnung (s. d.), in der allgemeinen Elastizitätslehre jedoch speziell die Volumenänderung per Einheit des anfänglichen Volumens.

Bezeichnen für beliebige stetige Verschiebungen in einem Körper (Näheres [1], S. 55, 58) e_1, e_2, e_3 die drei Hauptdehnungen bei einem Körperpunkte m (s. Dehnung), so ist die Dilatation daselbst ([1], S. 73):

$$\varkappa = (1 + e_1)(1 + e_2)(1 + e_3) - 1, \qquad 1.$$

oder, wenn e_1, e_2, e_3 gegen 1. verschwinden ([1], S. 83):

$$\varkappa = e_1 + e_2 + e_3 = e_x + e_y + e_z, \qquad 2.$$

worin e_x, e_y, e_z die Dehnungen für drei beliebige zu einander senkrechte Richtungen x, y, z bei m bedeuten. Sind ξ, η, ζ die Wege des Punktes m in diesen Richtungen, so kann man für die gewöhnlich allein untersuchten Verschiebungen auch setzen ([1], S. 85):

$$\varkappa = \frac{\partial \xi}{\partial x} + \frac{\partial \eta}{\partial y} + \frac{\partial \zeta}{\partial z} \qquad 3.$$

und speziell für ein Zeitelement dt, wenn u, v, w die Geschwindigkeiten von m in den Richtungen x, y, z während desselben bezeichnen ([1], S. 75):

$$\varkappa = \varrho\, dt = \left(\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z}\right) dt. \qquad 4.$$

ϱ ist also die Dilatation in der Zeiteinheit, die Dilatationsgeschwindigkeit, bei m zur Zeit t. Man unterscheidet Verschiebungen mit und ohne Dilatation. Zu den ersteren gehören die Formänderungen eines axial gezogenen isotropen Stabes und die Schallschwingungen in der Luft ([1], S. 212, 253, 262), zu den letzteren die Torsion eines isotropen prismatischen Stabes und die Lichtschwingungen ([2], S. 201, [1], S. 264, 244). Die Aenderung des Volumens $V = Fl$ eines isotropen geraden Stabes vom Querschnitt F und der Länge l durch eine Axialkraft S und eine Temperaturänderung τ (S für Zug, τ für Zunahme positiv) ist, [1] S. 212:

$$\varkappa V = 3\alpha\tau V + \frac{\varepsilon - 2}{\varepsilon} \frac{lS}{E}, \qquad 5.$$

worin α der lineare Ausdehnungskoefficient (s. d.), E der Elastizitätsmodul (s. d.), ε der Elastizitätsquotient (s. d.). Letzterer wäre theoretisch $\varepsilon = 4$ ([1], S. 149) und wird auch häufig so gesetzt.

Litteratur: [1] Weyrauch, Theorie elastischer Körper, Leipzig 1884. — [2] Derselbe, Aufgaben zur Theorie elastischer Körper, Leipzig 1885. *Weyrauch.*

Dilatationsgeschwindigkeit, s. Dilatation.

Dilatationsvorrichtung, s. Auszugsvorrichtung.

Dilation oder Wärmeausdehnung der Eisenbahnschienen; s. Oberbau.

Dilatometer, von Silbermann angegebenes Instrument zur Ermittelung der relativen Mengen zweier vermischten Flüssigkeiten, besonders von Alkohol und Wasser; beruht auf der ungleichen Ausdehnung der Flüssigkeiten in höherer Temperatur.

Diluvialschotter, lockere Anhäufungen von Geröllmassen in der Diluvialzeit.

Diluvium, Diluvialperiode, -formation, -system, Pleistocän, Postpliocän, Quartärperiode, -system, -formation werden in der Erdgeschichte diejenigen Ablagerungen genannt, deren Entstehungszeit zwischen die Tertiärzeit und die Gegenwart fällt. Die charakteristischen Bildungen des Diluviums sind durch eine gesteigerte Thätigkeit des fliessenden Wassers und des Eises zu stande gekommen und diese beiden Gesichtspunkte setzen die Herrschaft eines kälteren Klimas voraus, als dasjenige des Tertiärs und der Gegenwart ist.

Ueber die Ursachen der Abkühlung sind befriedigende Erklärungen noch nicht vorhanden. Ausserordentlich grosse Flächen der Erdoberfläche, besonders die die älteren Massen- und Kettengebirge umgebenden Hoch- und Tiefebenen, waren von Gletschereis ganz bedeckt; so z. B. trug die ganze niederdeutsche Tiefebene von den Niederlanden nach N.O. bis tief nach Russland hinein (bis an die Wolga) eine vom südlichen Skandinavien ausstrahlende mächtige, bis an das rheinische Schiefergebirge, den Harz, das Riesengebirge und die Sudeten reichende Eisdecke. Zu beiden Seiten der Alpen traten in der sogen. Eiszeit aus den heutigen Alpenthälern mächtige Gletscher sowohl nach der oberitalienischen Tiefebene wie nach dem schweizerischen Hügelland, dem Bodenseegebiet und der südbayerischen Hochebene aus und breiteten sich hier fächerförmig aus. Diese Ausdehnung der „Gletscher der Vorzeit" war keineswegs während der ganzen Eiszeit (Glacialzeit) eine durchaus gleiche und unveränderliche. Aehnlich dem Wachsen und Zurückgehen der Gletscher der Gegenwart in den Hochgebirgen zeigten auch die diluvialen Gletscher bedeutende Schwankungen ihrer Ausdehnung. Das Gletschereis drang entweder vor oder zog sich zurück, und in den meisten diluvialen Gletschergebieten wiederholte sich dieses Spiel mehreremale. Man spricht daher auch von Interglacialzeiten in dem Sinne, als man damit diejenigen Zeiträume in der diluvialen Geschichte eines Gebietes meint, während welchen die Gletscher in einem Minimum ihrer Ausdehnung (zwischen zwei Maxima) sich von einem Gebiet zurückgezogen hatten. Man konnte mehrere Vergletscherungen (Maxima) desselben Gebietes und auch zwischen denselben eine oder zwei Interglacialzeiten unterscheiden. Die geologische Thätigkeit der diluvialen Gletscher war dieselbe wie die der gegenwärtigen Gletscher, nur ihrer grösseren Ausdehnung entsprechend weit stärker. Sie äusserte sich vornehmlich im Transport und in der Ablagerung bedeutender Massen von Gebirgsschutt (Blöcken) in Form von Moränen, besonders von Grundmoränen, in der abschleifenden und abtragenden Kraft des abwärts gleitenden Gletschereises, in der Stauchung und Quetschung des Untergrundes veranlasst durch das Abwärtsgleiten der auflastenden Eismassen, in dem Zerreiben und Zermalmen des mitgeführten Gesteinsmateriales und in der Bildung von sichelförmigen Wällen an den Stirnenden der Gletscher, erzeugt durch das Vorsichherschieben von Gesteinsschutt beim Vorstoss der Gletscher. Mit der Ausdehnung des fliessenden Eises auf der Erdoberfläche stand diejenige des fliessenden Wassers in der Diluvialzeit im engsten Zusammenhang. Starke atmosphärische Niederschläge und damit vereint die abfliessenden Schmelzwasser der grossen Gletscher trugen bedeutende Massen Gesteinsschutt aus den Gebirgen zu Thal und in die Ebenen und erzeugten so, sich rückwärts in die Gebirge immer tiefer einschneidend, die Thäler und in den Ebenen mächtige Ablagerungen von Flussschottern, Sanden, Lehm und Löss. Die Wirkung des fliessenden Wassers und damit in der Hauptsache auch diejenige der Erosion im allgemeinen war eine länger andauernde als diejenige des Gletschereises, denn sie bildete sowohl die Einleitung als den Schluss der Vergletscherung der diluvialen Glacialgebiete. Man sieht daher Ablagerungen des fliessenden Wassers diejenigen der Gletscher sowohl unter- wie überlagern, und sicher hat die Thätigkeit des fliessenden Wassers in der Diluvialzeit einen grösseren Anteil an der Gestaltung der heutigen Oberflächenformen der Erde, als diejenige der alten Gletscher, obgleich diese auffälliger und charakteristischer erscheint. Die allgemeine Bedeutung der diluvialen Erscheinungen ruht daher in der Schaffung unserer heutigen Thäler und Bergformen im kleinen. Im grossen sind die Gebirge und Ebenen die Schöpfung anderer und älterer Kräfte. Neben dem Eis und dem fliessenden Wasser wird der Thätigkeit des Windes besonders in Steppen ein gewisser Einfluss zuzuschreiben sein; indes dürfte er gegen erstere sehr zurückstehen. Ueber die Meeresthätigkeit der Diluvialzeit sind nur sehr wenige Thatsachen vorhanden, weil die Verteilung des Meerwassers auf der Erde annähernd die gleiche wie die der Gegenwart war und seine Wirkungen daher in den heutigen Meeren verborgen liegen. Nur sehr untergeordnet sind daher marine Absätze und ihre organischen Reste vermögen an dem durchaus binnenländischen Charakter der Lebewesen nichts zu ändern. Diese schliessen sich in der Hauptsache an die heutige Tier- und Pflanzenwelt eng an und hatten sich in ihrer Organisation vielfach den veränderten klimatischen Verhältnissen angepasst. Besonders wichtig ist das erste Auftreten des Menschen in der Diluvialzeit, gekennzeichnet durch Knochen- und Kulturüberreste. Man unterscheidet in der Diluvialzeit nach ihrer charakteristischen Erscheinung drei Phasen: 1. Beginn und Vorschreiten der Vergletscherung. Ablagerung mächtiger Schotterlager. 2. Hauptvergletscherung mit mehreren Maxima der Vergletscherung und dazwischen liegenden Minima (Interglacialzeiten). 3. Rückzug der Gletscher.

Ablagerung von mächtigen Schotterlagern, Sand, Lehm und Löss. Da erhebliche Veränderungen in der Lagerung der Schichten seit ihrer Bildung nicht vor sich gingen, so kann die Lagerung der diluvialen Schotter, Sande, Lehme, Lösse, Moränen u. s. w. im allgemeinen als eine ungestörte betrachtet werden. Ihrem Absatz jedoch gingen bedeutende Abtragungen durch fliessendes Wasser voraus und somit gestaltet sich ihre Auflagerfläche meist sehr unregelmässig im Gegensatz zu den im Meer gebildeten Ablagerungen.

Die Ausfüllung und Einebenung grosser Niederungen, Becken u. s. w. hat durch Aufschüttung von mächtigen Schotter-, Sand- und Lehmmassen in der Diluvialzeit jene weiten und flachen Ebenen geschaffen, welche heute vorzugsweise dem Ackerbau dienen und im allgemeinen sich durch einen lockeren und tiefgründigen Boden auszeichnen. Das Diluvium hat daher für die landwirtschaftliche Kultur die grösste Bedeutung von allen Formationen (norddeutsche Tiefebene, mittelrheinische Tiefebene, bayerische Hochebene, Ungarn, Oberitalien u. s. w.). Bei grosser Horizontalausdehnung führt es der im allgemeinen starken Durchlässigkeit und seines, tiefe Niederungen ausfüllenden Auftretens wegen viel Wasser, zeigt aber nur da, wo es von jüngeren Thälern bis auf das weniger durchlässige Liegende wieder durchschnitten wird, Quellen. Der Umstand tritt trotz der grossen Horizontalausdehnung selten ein. So bieten ausgedehnte Diluvialgebiete fast stets Gelegenheit zu künstlicher, selten aber zu natürlicher Wasserversorgung. Die Verwendung der Gesteine für Bauzwecke ist die mannigfaltigste, soweit Kieslager, Sand und Lehm in Betracht kommen. Natürliche Bausteine freilich fehlen in der Regel und daher gilt die Formation auch als steinarm. Eine Ausnahme macht die feste diluviale Nagelfluh (s. d.) der bayerischen Hochebene. Ablagerungen der diluvialen Eiszeit (Moränen, Geschiebelehme u. s. w.) jedoch sind minder wertvoll, weil ihre Beschaffenheit zu grossem Wechsel unterliegt. Nur die gröberen Blöcke derselben sind gesucht. Auch Lössgebiete haben für die Beschaffung von Baumaterialien nur sehr geringen, für die Landwirtschaft dagegen um so grösseren Wert.

Litteratur: C. W. v. Gümbel, Grundzüge der Geologie, Kassel 1888. — Credner, Elemente der Geologie, 7. Aufl., Leipzig 1891. — Kayser, Geolog. Formationskunde, Stuttgart 1894. *Leppla.*

Dime, Silbermünze der Verein. Staaten von Amerika, = 10 Cents = 40,5 Pfg.

Dimension, Ausdehnung einer geometrischen Grösse in einer bestimmten Richtung. Ein Punkt hat keine Dimension, eine Strecke eine einzige, die Länge. Mehrere Dimensionen hat eine geometrische Grösse, wenn sie in mehreren zu einander senkrechten Richtungen ausgedehnt ist. Eine Fläche hat daher zwei Dimensionen, Länge und Breite; ein Körper hat deren drei, Länge, Breite und Höhe. Grössen mit mehr als drei Dimensionen gibt es nicht; über die sogen. vierte Dimension s. Nichteuklidische Geometrie. Die Masseinheiten der mehrdimensionalen Grössen sind von derjenigen der Strecke abhängig, d. h. die Flächeneinheit ist das Quadrat, die Volumeinheit der Würfel über der Längeneinheit. Bei algebraischen Ausdrücken heisst Dimension die Zahl der Buchstabenfaktoren. Dabei sind die Faktoren des Nenners abzuziehen; z. B. die Ausdrücke ab, $\frac{abc}{d}$, $\frac{a^2b^2}{c^2}$ sind von der zweiten Dimension. Die Ausdrücke nullter Dimension sind abstrakte Zahlen, die von der Längeneinheit unabhängig sind, z. B. die Zahl π. Eine Gleichung heisst dimensional, wenn alle ihre Terme dieselbe Dimension besitzen. — Im weiteren Sinn werden auch mechanischen und physikalischen Grössen Dimensionen zugeschrieben (s. Absolutes Masssystem). *Wölffing.*

Dimensionenbegründung, der Nachweis, dass die vorläufig angenommenen Querschnitte etc. einer Konstruktion den angreifenden Lasten und sonstigen Einwirkungen gegenüber genügen, im Gegensatze zur Feststellung der Dimensionen auf Grund jener Einwirkungen, d. h. der Dimensionenberechnung (s. d.). Die allgemeinen Gesichtspunkte für beide Verfahren sind die gleichen, doch kann das erstere mitunter rascher zum Ziele führen oder wegen der Schwierigkeit des letzteren zu wählen sein. In vielen Fällen, insbesondere wenn ästhetische und andere nichtstatische Rücksichten mitsprechen, wird ein gemischtes Verfahren angewendet, indem einzelne Querschnittsabmessungen, z. B. die Höhe, im voraus angenommen werden (elastische Bogen u. s. w.). *Weyrauch.*

Dimensionenberechnung heisst in der Ingenieurmechanik die Feststellung der Querschnitte und sonstiger Abmessungen einer Konstruktion auf

Grund der statischen Berechnung derselben (vergl. Dimensionenbegründung), welch letztere die durch die Belastung (s. Eigengewicht, Verkehrslast) und andere Einwirkungen (je nach Umständen Winddruck, Erddruck, Wasserdruck, Temperaturänderungen, Zentrifugalkraft, dynamische Einflüsse u. s. w.) erzeugten Beanspruchungen abzuleiten hat. Der Dimensionenberechnung sind stets die ungünstigsten Belastungen und überhaupt diejenigen Kombinationen angreifender Kräfte und sonstiger Ursachen zu Grunde zu legen, welche die stärksten Dimensionen bedingen. In manchen Fällen lassen sich dieselben unmittelbar angeben; wenn aber, wie bei Brücken, die Lastsysteme verschieden zusammengesetzt und überdies in Bewegung sind, dann müssen zu ihrer Ermittelung besondere Untersuchungen angestellt werden, es sei denn, dass bestehende Normalien oder sonstige Vorschriften, die alsdann ihrerseits auf solchen Untersuchungen beruhen, davon abzusehen gestatten. Wie weit die statische Berechnung zu gehen hat, hängt von der Art der Konstruktion und der Dimensionirungsmethode ab; doch genügt es stets, wenn die statische Berechnung die beiden Grenzwerte der in Frage kommenden Beanspruchungen (Stabkräfte etc.) und ihre Werte durch die feste Last allein ergibt. Am vollkommensten wäre eine Konstruktion dimensionirt, wenn ohne Beeinträchtigung ihrer Zweckmässigkeit an allen Stellen derselben gegen alle Zerstörungsarten die gleiche Sicherheit (s. d.) bestände. Dies ist nie ganz erreichbar.

Eine erste Schwierigkeit der Dimensionenberechnung liegt darin, dass ihr die statische Berechnung Beanspruchungen liefern soll, welche zum Teil vom Eigengewicht der Konstruktion, also von den durch die Dimensionenberechnung erst zu bestimmenden Querschnitten etc. abhängen. Man hat deshalb Formeln aufgestellt, welche das Eigengewicht der wichtigsten hier in Betracht kommenden Konstruktionen im voraus annähernd zu bestimmen gestatten (s. Eigengewicht und beispielsweise [1], [2]), sowohl rein empirische Formeln auf Grund der Verhältnisse ähnlicher ausgeführten Konstruktionen, als auch solche, welche zum Teil auf theoretischen Grundlagen beruhen. Untersuchungen der letzteren Art sind im allgemeinen dann überhaupt nicht zu vermeiden, wenn es sich um Konstruktionen handelt, welche weit über die vorausgegangenen Erfahrungen hinausgehen. So sprang 1883 die grösste Spannweite ausgeführter Brücken von 250 m (Niagarabrücke) auf 486 m (East-River-Brücke), 1889 auf 521 m (Forthbrücke), und sie würde nach dem neuen Projekte Lindenthals für die North-River-Brücke ohne Zwischenglied auf 944 m steigen [3]. Allerdings sind die genannten Brücken, mit Ausnahme der Forthbridge, Hängebrücken, bei welchen die Dimensionirung der Kabel ohne Vorannahmen mit der statischen Berechnung verbunden werden kann. Ueber Voruntersuchungen bezüglich der Forthbridge s. z. B. [4], [5]. Weicht das auf Grund der Dimensionenberechnung erhaltene Eigengewicht erheblich von der Annahme bei der statischen Berechnung ab, so muss die Berechnung ganz oder teilweise wiederholt werden. Die württembergische Strassenbauverwaltung beispielsweise schreibt als Grenze hierfür 10 % vor. Bei statisch unbestimmten Konstruktionen (solche, deren Stützenreaktionen und inneren Kräfte nicht sämtlich durch die Gesetze der Statik allein bestimmt sind) genügt es häufig nicht, das Eigengewicht im allgemeinen zu kennen, da die bei der statischen Berechnung zu verwendenden Formeln die Querschnitte selbst oder von diesen unmittelbar abhängige Grössen enthalten (Trägheitsmomente etc.). Alsdann sind die Querschnitte zunächst durch eine vorläufige Berechnung mittelst möglichst einfacher, wenn auch weniger genauer Formeln annähernd festzustellen (s. z. B. Bd. 2, S. 451, 582). — Bei der Dimensionenberechnung kommen ferner in Betracht die Mängel und Unsicherheiten, welche der statischen Berechnung anhaften. Dieselbe muss von Voraussetzungen ausgehen, welche zum Teil stark von der Wirklichkeit abweichen (reibungslose Auflager, gelenkartige Knotenpunkte bei Fachwerken, biegungslose Beanspruchung von Druckgliedern u. s. w.). Infolge dessen kommen zu den jenen Voraussetzungen entsprechenden Grundspannungen noch gewisse durch diese Abweichungen bedingte Nebenspannungen (s. d. und [6]). Dieselben sind, soweit angängig, nachträglich zu berücksichtigen, jedenfalls also die Knickwirkung bei gedrückten Stäben und exzentrische Krafteintragungen; für manche Einflüsse aber würde dies anders als schätzungsweise nur durch Rechnungen möglich sein, welche infolge ihrer Umständlichkeit oder Unzuverlässigkeit in der Praxis keine Verwendung gefunden haben (vergl. [6], Bd. 2, S. 184). Bei der Dimensionirung ist auf alle Unsicherheiten, zu welchen auch die Voraussetzungen der Elastizitätslehre bei statisch unbestimmten Konstruktionen gehören, wie auf alle Ergebnisse der Erfahrung Rücksicht zu nehmen (s. z. B. Biegungsfestigkeit, Blechträger, Fachwerke), alles schablonenmässige Vorgehen zu vermeiden. Die zulässigen Beanspruchungen sind um so geringer zu wählen, je weniger genau und zuverlässig die statische Berechnung ist, je ungünstiger die nicht rechnerisch verfolgten oder geschätzten Einflüsse zu beurteilen sind. Eine Hauptaufgabe des Konstrukteurs besteht aber darin, alle Nebenspannungen so weit herabzusetzen, als die Rücksichten auf die Sicherheit und Zweckmässigkeit der Konstruktion überhaupt zulassen. Werden die anerkannten Regeln der Konstruktion und Berechnung, der Ausführung und Unterhaltung befolgt, so liefern die bisherigen Erfahrungen mit Ingenieurkonstruktionen keinen Grund zur Beunruhigung, da bei eingestürzten Brücken stets Verfehlungen gegen jene Regeln vorlagen (meist mangelhafte Querversteifung oder ungenügende Berücksichtigung der

Knickwirkungen), während bei neueren Bruchversuchen mit ausgeschalteten oder eigens hergestellten Konstruktionen (Blechträger, Fachwerke, Gewölbe) die Bruchlast sich nicht allzu weit von der rechnerisch begründeten entfernte, wobei allerdings für Gewölbe angenommen werden muss, dass in allen nicht erfahrungsmässig feststehenden Fällen auf Grund der Theorie elastischer Bogenträger gerechnet wird [7], S. 88. — Die dritte Hauptfrage bei der Dimensionenberechnung betrifft die Festsetzung der zulässigen Beanspruchungen per Quadrateinheit, selbst bei genau bestimmten Beanspruchungen im ganzen. Am wichtigsten ist diese Frage im Brückenbau, weil hier die grössten Materialmengen in Betracht kommen (die Forthbrücke enthält 1 080 000 Ztr. Stahl), zahlreiche Glieder unter annähernd gleichen Verhältnissen wirken und unbeschränkte Dauer beansprucht wird. Es sind deshalb mit besonderer Rücksicht auf Brücken zahlreiche Dimensionirungsmethoden vorgeschlagen und zum Teil auch in die Praxis eingeführt worden [8], S. 165, welche sich im wesentlichen durch die zugelassenen Beanspruchungen *b* per Quadrateinheit unterscheiden. Früher wählte man fast allgemein für Brücken und Hochbau grosse und kleine Spannweiten, ruhende und bewegte Last den gleichen Wert *b* (in Preussen z. B. für Schweisseisen bei Zug und Druck 100 Zentner per Quadratzoll = 730 kg per qcm), obschon die Elastizitätstheorie zeigt, dass bei plötzlich wirkender Belastung die Beanspruchungen doppelt so gross als bei ruhender oder ganz allmälich anwachsender werden können [9]. Im Maschinenbau jedoch, wo die Verhältnisse der Beanspruchungen und die verlangte Dauer der Konstruktionen mannigfaltiger sind, hatten sich auf dem Wege der Erfahrung sehr verschiedene zulässige Beanspruchungen herausgebildet, welche in gegebenen Fällen zur Verwendung kamen, ohne dass ein ersichtlicher Zusammenhang zwischen denselben bestand. Durch die 1859—70 von Wöhler angestellten Versuche über den Einfluss wiederholter Anstrengungen [10], welche ältere Resultate von Albert [11], S. 54, Douglas Dalton [8], S. 7, und Fairbairn [8], S. 5, bestätigten und ihrerseits durch nachfolgende Versuche von Spangenberg [12] und Bauschinger [13] Ergänzung fanden, wurde bei aller Verschiedenheit der Deutung und Verwertung wenigstens so viel erreicht, dass den verschiedenen Verhältnissen der Beanspruchungen bei Ingenieurkonstruktionen allseitig mehr Rechnung getragen und in die grosse Anzahl zulässiger Beanspruchungen des Maschinenbaues mehr Ordnung gebracht wurde [14]. Als vorteilhaft erwiesen sich hierbei die durch staatliche Versuchsanstalten vermittelte genauere Kenntnis des Materials und umfassende Erfahrungen mit ausgeführten Konstruktionen. Neuere Vorschriften über die Dimensionirung von Ingenieurkonstruktionen enthalten die Schriften [15] bis [20], von welchen z. B. [19] von Gerber'schen, [18] von Winkler'schen, [16], [17] von Launhardt-Weyrauch'schen Formeln für *b* Gebrauch machen. S. a. Zulässige Beanspruchung, Arbeitsfestigkeit, Biegungsfestigkeit, Blechträger, Nietverbindungen u. s. w.

Litteratur: [1] Engesser, Zeitschrift f. Bauwesen 1877, S. 207 (Bogenbrücken); 1878, S. 203 (Balkenbrücken); Zeitschrift f. Baukunde 1881, S. 63 (Strassenbrücken); Zeitschrift d. Arch.- u. Ing.-Vereins zu Hannover 1894, S. 319 (Eiserne Pfeiler). — [2] Sehfehlner, Beiträge zu den bei eisernen Balkenbrücken vorkommenden Berechnungen, Allgem. Bauzeitung 1893, S. 25, 33, 49, 57, 73, 89. — [3] Melan, Die North-River-Brücke, Zeitschrift d. österr. Ing.- u. Arch.-Vereins 1895, S. 365. — [4] Clarke, On iron bridges of very large span, Proceedings of the Institution of Civil Engineers, London 1878. — [5] Am Ende, On the weight and limiting dimensions of girder bridges, Proceed. of the Inst. of Civil Eng., London 1881. — [6] Engesser, Die Zusatzkräfte und Nebenspannungen eiserner Fachwerkbrücken, Berlin 1892—93. — [7] Bericht des Gewölbeausschusses d. österr. Ing.- u. Arch.-Vereins, Wien 1895. — [8] Weyrauch, Die Festigkeitseigenschaften und Methoden der Dimensionenberechnung von Eisen- und Stahlkonstruktionen, Leipzig 1889. — [9] Weyrauch, Aufgaben zur Theorie elastischer Körper, Leipzig 1885, S. 75, 254. — [10] Wöhler, Die Festigkeitsversuche mit Eisen und Stahl, Berlin 1870 (nach Zeitschrift f. Bauwesen 1870, S. 73). — [11] Hoppe, Das Maschinenwesen, Leipzig 1895, S. 49. — [12] Spangenberg, Ueber das Verhalten der Metalle bei wiederholten Anstrengungen, Berlin 1875 (nach Zeitschrift f. Bauwesen 1874, S. 474 und 1875, S. 78). — [13] Bauschinger, Mitteilungen aus dem mechanisch-technischen Laboratorium der K. Technischen Hochschule München, Heft 13, 1886. — [14] Bach, Die Maschinenelemente, ihre Berechnung und Konstruktion mit Rücksicht auf die neueren Versuche, Stuttgart 1894 (1. Aufl. 1881). — [15] Verordnung von 1887 betreffend die österr. Eisenbahnbrücken s. Ott, Vorträge über Baumechanik, 3. Teil, Prag 1893, S. 1. — [16] Proscriptions relatives aux calculs, à la surveillance et à l'entretien des ponts métalliques, en France et dans les différants pays d'Europe, Revue générale des chemins de fer 1891, S. 247 (vergl. Zeitschrift d. Vereins deutscher Ing. 1892, S. 659; Zentralblatt d. Bauverwalt. 1892, S. 277). — [17] Verordnung betreffend Berechnung und Prüfung der eisernen Brücken- und Dachkonstruktionen auf den schweizerischen Eisenbahnen, Schweiz. Bauzeit. 1892, Bd. 20, S. 86. — [18] Bedingungen für die Lieferung von Eisenkonstruktionen zu Brücken und Hochbauten der sächsischen Bahnen, Schweiz. Bauzeit. 1894, Bd. 24, S. 32. — [19] Bayerische Bestimmungen s. Gerber, Zeitschrift d. Vereins deutscher Ing. 1894, S. 1039, 1067, 1103. — [20] Vorschriften über die Berechnung der eisernen Brücken für preussische Bahnen, Zentralblatt der Bauverwaltung 1895, S. 485. *Weyrauch.*

Dimethylanilin, s. Farbstoffe, künstliche organische.

Dimetrische Projektion ist ein spezieller Fall der axonometrischen Projektion insoferne, als das rechtwinkelige Axenkreuz eine ganz bestimmte Lage gegen die Bildebene einnimmt. Es sind nämlich zwei Axen, in der Regel die *X*- und die *Z*-Axe, gegen die Bildebene unter dem gleichen Winkel geneigt, weshalb alle zu diesen Axen parallelen Strecken im Bilde sich in dem gleichen Verhältnisse verkürzen.

Das Dreieck $x_0 y_0 z_0$ (Fig. 1), nach welchem die Axenebenen XY, YZ und ZX die Bildebene schneiden, ist gleichschenkelig. Jedes gleichschenkelig spitzwinkelige Dreieck kann als ein Spurendreieck der Bildebene für eine dimetrische Projektion aufgefasst werden; es gibt also unzählig viele Lagen des Axenkreuzes, welche einer dimetrischen Projektion entsprechen. Für praktische Zwecke ist am gebräuchlichsten jene Projektion, bei welcher die Axenbilder X_0, Y_0 und Z_0 die Winkel $\xi = \zeta = 131^0.24'.35''$ und $\eta = 97^0\ 10'\ 51''$ einschliessen. In diesem Falle bilden die Axen X, Z, Y mit der Bildebene bezw. die Winkel $\alpha = \gamma = 29^0\ 28'\ 16''$ und $\beta = 71^0\ 52'\ 28''$. Die Verkürzungsverhältnisse sind $\cos\alpha = \cos\gamma = 0{,}9428$, $\cos\beta = 0{,}4714$. Für diese Projektion ergibt sich das Bild des Axenkreuzes am bequemsten wie folgt: Man macht (s. Fig. 1) $o_0 a = 8\ ab = 1$ und $ac = 7$, dann liefern die Verbindungslinien $o_0 b$ und $o_0 c$ die Axenbilder X_0 und Y_0, während Z_0 auf $o_0 a$ senkrecht steht. Bei der Herstellung der dimetrischen Projektion eines Körpers sind für jeden Punkt desselben die X- und Z-Koordinaten im Verhältnis $1 : 0{,}9428$, die Y-Koordinaten im Verhältnis $1 : 0{,}4714$ zu verkleinern. Handelt es sich lediglich um die Herstellung eines dimetrischen Bildes eines Körpers, so überträgt man zweckmässig die X-Z-Koordinaten unverkürzt, die Y-Koordinaten aber in halber Grösse in das axonometrische Bild des Körpers, z. B. in Fig. 2: $o_0 s_0 = o_2 s_2$, $o_0 a_0 = o_1 a_1$, $2 . o_0 c_0 = o_1 c_1$ u. ff.

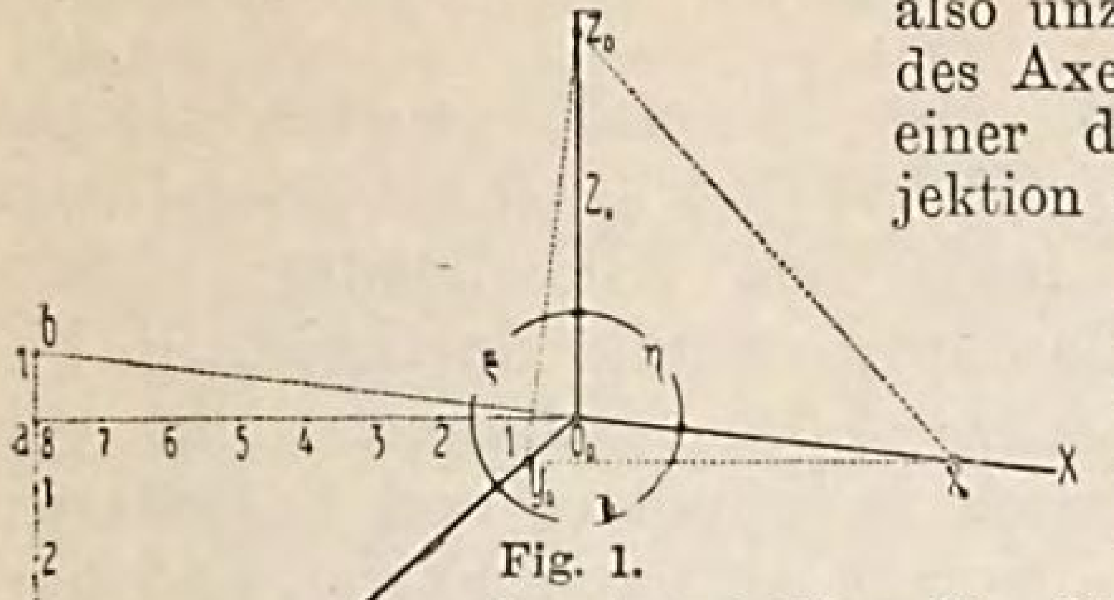


Fig. 1.

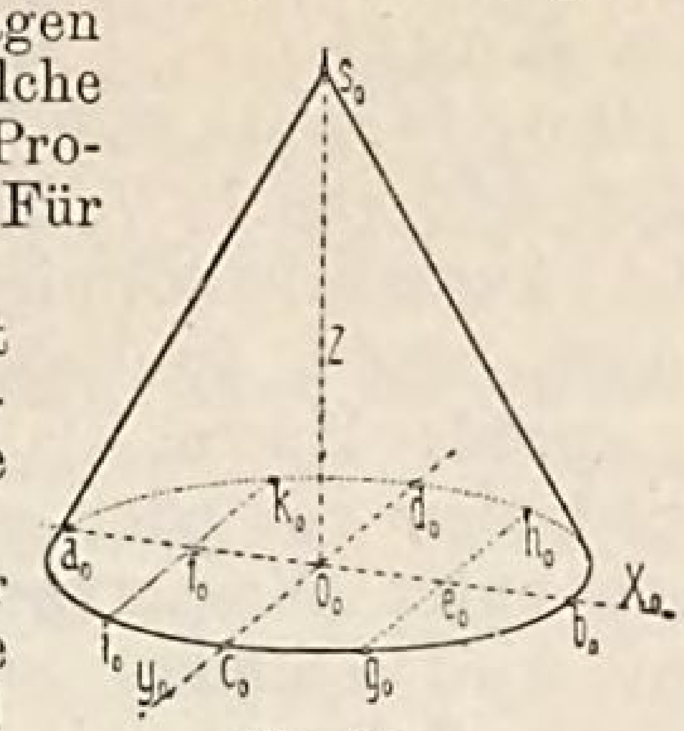


Fig. 2 a.

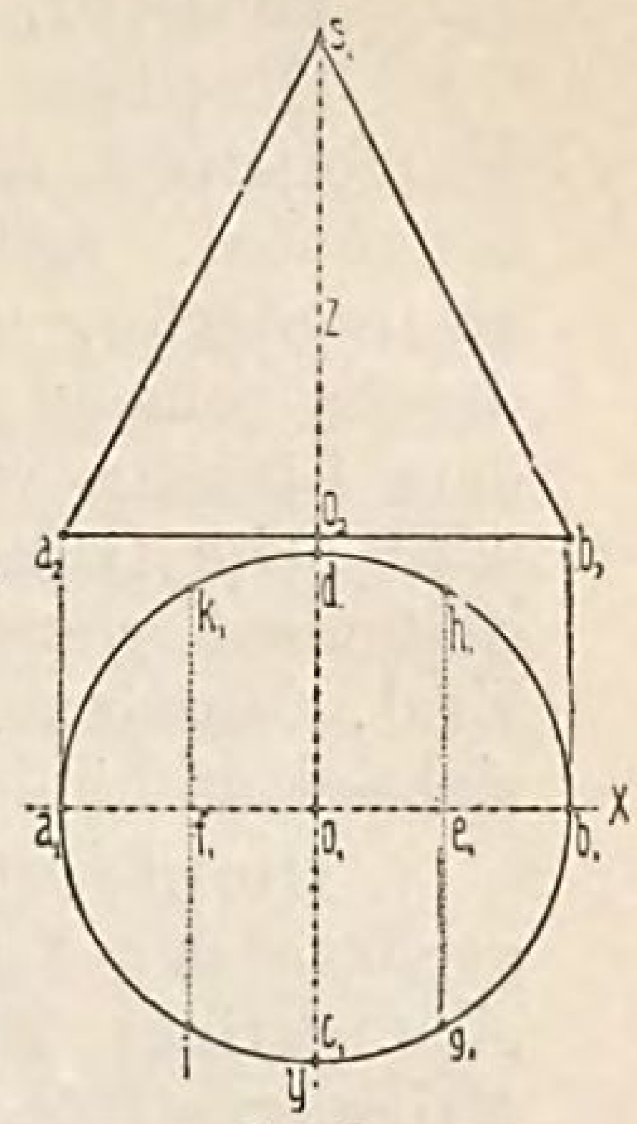


Fig. 2.

Litteratur: S. Art. Axonometrie. *Vonderlinn.*

Dimity, s. Weberei.

Dimorphismus, Dimorphie (Polymorphismus, Heteromorphismus) nennt man in der Kristallographie die Eigenschaft einer Substanz in zwei oder auch mehreren (heteromorphen) selbständigen, nicht mit einander zusammenhängenden Formen zu kristallisiren.

So z. B. kristallisirt die Substanz des kohlensauren Kalkes ($CO_3\,Ca$) als Kalkspat rhomboëdrisch und als Aragonit rhombisch, also in zwei vollständig verschiedenen Formen. Auch der Kohlenstoff ist dimorph, als Diamant regulär, als Graphit monoklin, ebenso das Schwefeleisen (FeS_2), als Schwefelkies regulär, als Markasit rhombisch. *Leppla.*

Dinar, serbische Einheitsmünze = 1 Fr. Scheidemünze = 0,7515 Mk.

Dinassandstein wird ein der Silurformation angehöriger hellgrauer Quarzsandstein aus dem Neath-Thale in Süd-Wales (England) genannt. Er wird gemahlen und mit Kalkzusatz zu den sogen. Dinassteinen verarbeitet und gebrannt (feuerfeste Ziegel). Nach Weston enthält der ziemlich leicht zu Sand zerfallende Sandstein etwa 97—98 % SiO_2, 1—2 % Thonerde, 0,2—0,5 % Eisenoxydul, 0,4 % Kalkerde, Natron und Kali. *Leppla.*

Dinglerpresse, s. Buchdruckpresse unter Presse.

Diophantische Gleichungen, solche Gleichungen, bei welchen die Anzahl der Unbekannten grösser ist als die Zahl der Gleichungen, wobei aber für die Unbekannten nur ganze Zahlen als Lösungen zugelassen werden. Die Zahl der Lösungen ist unendlich gross, aber sie lassen sich auf eine oder endlich viele allgemeine Lösungen, welche Parameter enthalten, zurückführen.

a. Um eine diophantische Gleichung ersten Grades mit zwei Unbekannten x und y aufzulösen, dient am besten die Kettenbruchmethode [1], S. 55. Ist $ax - by = k$ gegeben, so entwickelt man $\frac{a}{b}$ in einen Kettenbruch. Der Bruch $\frac{a}{b}$ selbst sei der n., der Bruch $\frac{a_1}{b_1}$ der $n-1$. Näherungsbruch. Dann ist die allgemeine Lösung $x = (-1)^{n-1} k a_1 + b w\ y, = (-1)^{n-1} k b_1 + a w$, wo w eine beliebige ganze Zahl (Parameter). Von anderen Methoden erwähnen wir noch diejenige von Euler [1], S. 50, die auch auf mehrere Unbekannte und mehrere Gleichungen anwendbar ist, die Methode der Kongruenzen (S. 377) und die Cauchy'sche Methode (S. 387), welche sich auf den Fermat'schen Satz gründet. Die Auflösung mit Zulassung komplexer, aber ganzzahliger Unbekannter s. S. 598.

b. Während die Lösung der diophantischen Gleichungen ersten Grades in die niedere Analysis gehört, setzt die Auflösung derjenigen zweiten Grades eingehendere Kenntnisse in der Zahlentheorie voraus. Methoden finden sich in [1] für eine Gleichung mit 2 Unbekannten ohne lineare Glieder (S. 260), für die allgemeine Gleichung mit 2 Unbekannten (S. 336), für solche mit 3 Unbekannten (S. 483) — hierher gehört die pythagoräische Gleichung $x^2 + y^2 = z^2$ — und solche mit 4 Unbekannten (S. 527), endlich auch für den Fall, dass komplexe Unbekannte zugelassen werden (S. 633).

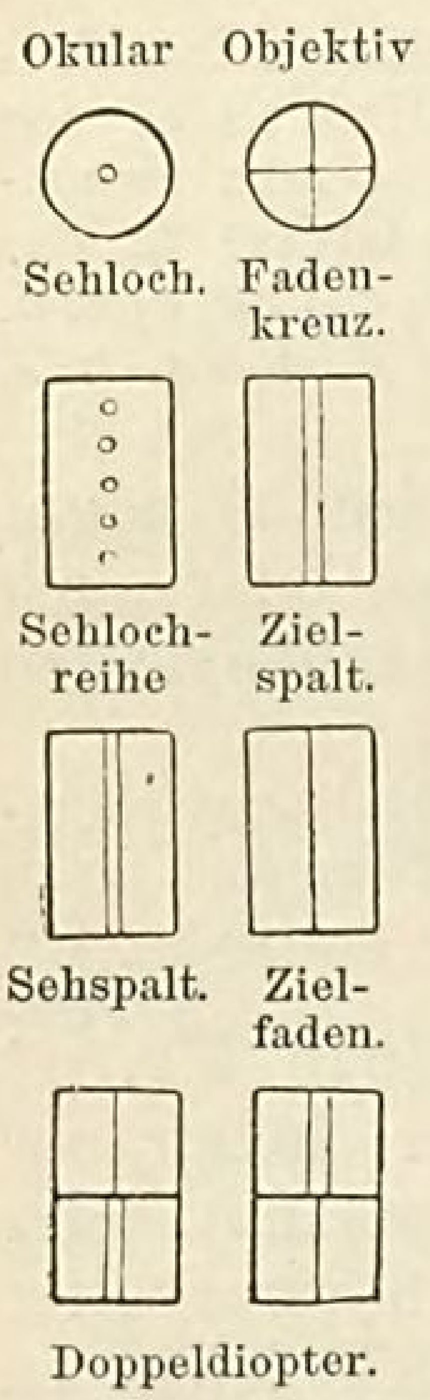
c. Diophantische Gleichungen im weitern Sinne sind solche Gleichungen zweiten und höhern Grades, deren Lösungen nicht ganzzahlig, sondern nur rational sein müssen.

Litteratur: [1] Scheffler H., Die unbestimmte Analytik, Hannover 1854. *Wölffing.*

Diopsid, s. Augit.

Dioptas (Kupfersmaragd, Achirit), ein Mineral, wasserhaltiges Kupfersilikat H_2CuSO_4 (38,12 % SiO_2, 50,44 % CuO, 11,44 % H_2O, kristallisirt hexagonal, meist kurzsäulenförmig, spaltbar nach dem Rhomboëder; schön smaragdgrün, auch wohl dunkelgrün, glasglänzend, wenig durchsichtig bis durchscheinend; spröd; Härte 5; spez. Gew. 3,27—3,35. Schmilzt nicht vor dem Lötrohr, wird aber rot oder schwarz. Löslich in Salpeter- und Salzsäure; wird beim Glühen unter Wasserverlust braun. Seiner schönen Farbe und der Seltenheit wegen wird Dioptas an den Orten seines Vorkommens (Persien, Ural, Russland) als Schmuckstein verwendet; die geringe Härte und Durchsichtigkeit hindert meist diese Benützung. *Leppla.*

Diopter (Durchsehen, Absehen) sind Zielvorrichtungen, insbesondere an geodätischen Instrumenten, jedoch auf solche Instrumente beschränkt, welche eine geringe Zielgenauigkeit beanspruchen, wie z. B. Winkelklopf (-Kreuz), Neigungs-(Höhen-)Messer, Senkelrahmen, Bussolen, Diopterlineal, Heliotrop. Sie dienen auch neben dem Fernrohr als Sucher zur genäherten Einstellung oder für sehr nahe Ziele (s. Zentriren). Eine Linie, also auch eine Abseh- oder Ziellinie, wird bestimmt durch zwei in feste Verbindung mit einander gebrachte Punkte; eine Ebene also auch eine Abseh- oder Zielebene, durch einen Punkt und eine Linie oder durch zwei (in einer Ebene liegende) Linien. Hierauf beruht die Konstruktion des Diopters aus den beiden Teilen Okular und Objektiv. Diese können gebildet werden durch einfache Anordnungen, ähnlich der Zielvorrichtung am Gewehre (Kimme und Korn) oder durch Sehloch oder Sehspalt und Zielfaden und Fadenkreuz oder Zielspalt. Letztere Anordnungen sind für geodätische Instrumente der oben genannten Art die geeignetsten und gebräuchlichsten. Die nebenstehende Figur gibt eine Uebersicht über einige Anordnungen von Okular und Objektiv. Die erste zeigt ein Diopter zur Herstellung von Ziellinien (z. B. an Neigungsmesser und Heliotrop), die übrigen geben Diopter an zur Herstellung von Absehebenen, wie es nach dem Prinzip verschiedener Instrumente (z. B. Winkeltrommel oder Bussolen) erforderlich wird; die letzte Anordnung endlich ist ein Doppeldiopter, wodurch eine Hin- und Herzielung ermöglicht wird, wie es zuweilen (z. B. an Winkeltrommeln, Diopterlinealen, Astrolabien (s. d.) u. s. w. vorgesehen ist. Dasselbe kann auch erreicht werden durch Anwendung von Seh- und Zielspalt. Durch Anordnung einer Reihe von Sehlöchern oder eines Sehspaltes (vergl. Fig.) als Okular, wird in der Zielebene ein entsprechend grösserer Gesichtswinkel gewonnen, wie es für geneigte Ziellinien notwendig ist. Wird zu demselben Zweck auf der um eine (horizontale) Axe drehbar eingerichteten Okularplatte ein kleines zweites Diopter mit derselben Absehebene wie das Hauptdiopter angebracht, so hat man ein sogen. Bergdiopter.



Bei den für die Herstellung lotrechter Absehebenen eingerichteten Dioptern ist zu prüfen, ob Okular- und Objektiv-Spalt, -Sehlochreihe, -Faden, in derselben Ebene liegen; dies geschieht am einfachsten dadurch, dass ein Lotfaden angezielt und geprüft wird, ob derselbe bei Zielungen durch alle Sehlöcher der Reihe, bezw. alle Teile der Sehspalte scharf eingestellt erscheint. Die Prüfung von Doppeldioptern erfolgt bei feststehendem Instrument durch Abstecken einer Reihe von Fluchtstäben nach jeder Zielrichtung hin und Prüfung, ob die beiden Richtungen angehörenden Stäbe in einer Absehebene (Linie) liegen. Beseitigung der event. gefundenen Abweichung durch Richtigstellung des Fadens. (Unrichtig geschnittene Spalten können nicht verbessert werden.) Zur Erhöhung der Genauigkeit sollen Objektiv und Okular wenn möglich in einer inwendig geschwärzten Röhre angebracht werden. Die Sehlöcher sollen eine Oeffnung von etwa $^3/_4$ bis 1 mm, die Spalten von $^1/_2$ bis $^3/_4$ mm haben [1]. Dadurch wird ein genügendes Gesichtsfeld und eine genügende Genauigkeit erzielt. Die Fäden sollen in deutlicher Sehweite gut sichtbar, aber nicht zu stark sein (Seidenfaden, Pferdehaar, schwarzer Strich auf feiner Glasplatte, feiner geschwärzter Draht oder Lamelle). Die Genauigkeit der Zielung wird beeinträchtigt durch zu geringen Abstand des Okulars und Objektivs; derselbe soll nach Möglichkeit

gleich der günstigsten Sehweite (normal 25 cm) sein. Da dies für kleine Instrumente (Winkeltrommel, Neigungsmesser u. s. w.) meistens zu gross ist, kann nicht das Maximum der mit Dioptern möglichen Zielgenauigkeit (10") erreicht werden [1], sondern es muss bei einer geringeren Genauigkeit (im Mittel etwa 1' bis 2') sein Bewenden haben. Der Genauigkeit der Diopter ist von vornherein eine Grenze gesteckt durch die Akkommodationsfähigkeit des Auges welches nicht verschieden entfernte Gegenstände (Zielfaden und Zielpunkt) gleichzeitig gleich scharf erkennen kann. In diesem Umstand ist wesentlich die allgemeine Verbreitung des Fernrohrs als Zielinstrument selbst bei kleineren Messinstrumenten und die Konstruktion des sogen. Fernrohrdiopters (s. d.) begründet.

Diopterlineal ist ein Lineal oder Arm, dessen Enden ein Diopter tragen. Die Vorrichtung dient zum Ziehen von Richtungen auf dem Messtisch (s. d.) wie die Kippregel (s. d.), oder als Zeiger, Alhidade (s. d.) an Winkelmessern, z. B. dem Astrolabium (s. d.). In diesem Fall sollen Abseh-Linie (-Ebene) Indexlinie der Alhidade (früher linea fiduciae genannt) und Drehaxe in einer Ebene liegen.

Litteratur: [1] Stampfer, Ueber die Genauigkeit des Visirens, Jahrbücher des k. k. polytechn. Instituts in Wien, Bd. 18, Jahrg. 1834. *Reinhertz.*

Dioptrik (Anaklastik) heisst die Lehre vom durchgehenden Lichte im Gegensatz zu Katoptrik, der Lehre vom zurückgeworfenen Lichte, sie bildete in der Optik des 16. und 17. Jahrhunderts mit dieser die optische Wissenschaft. Jetzt bezeichnet Dioptrik die Lehre von der Brechung im engeren Sinn (siehe Brechung) mit Ausschluss der Dispersion und der Doppelbrechung. Ueber die Geschichte dieser physikalischen Disziplin vergl. d. Art. Optik. *A. Schmidt.*

Dioptrisch, auf der Lichtbrechung beruhend. Dioptrische Fernröhren sind die Refraktoren im Gegensatz zu den katoptrischen, den Reflektoren.

Diorama, s. unter Panorama.

Diorit wird in der Gesteinskunde ein älteres, vortertiäres Gestein genannt, welches wesentlich aus einem Kalk-Natron-Feldspat (Plagioklas) und Hornblende besteht. Als nicht wesentliche, aber für gewisse Abarten charakteristische Gemengteile kommen noch Glimmer (Biotit), Quarz, auch Augit hinzu. Ausserdem fehlen Orthoklas, Apatit, Magnet- und Titaneisen fast niemals. Ist das Gestein in Umwandlung begriffen, so treten auch noch Epidot, Quarz, Viridit, Kaolin, Muskovit, Kalkspat, Eisenhydroxyde und Schwefelkies als Neubildungen auf.

Die zum Diorit gehörigen Gesteine haben in frischem Zustand je nach dem grösseren oder geringeren Gehalt an Hornblende eine mehr oder minder dunkle bis schwarze Farbe, welche um so gleichmässiger, je feiner das Korn des Gesteins ist. Grobkörnige Arten sind selten; meist herrschen mittel- und feinkörnige, sowie dichte (Diorit-Aphanit) Gesteine vor. Sehr häufig wechselt die Korngrösse in ein und demselben Vorkommen; so z. B. zeigen sich an den Rändern der Gänge und Stöcke meist feinkörnige, im Innern derselben grobkörnige Abarten. Was das Gefüge angeht, so sind die Diorite stets körnig; freilich lässt sich dies und die mineralische Zusammensetzung bei den dichteren Arten erst unter dem Mikroskop erkennen. Die einzelnen Hauptgemengteile zeigen mitunter keine Spur von äusserer Kristallbegrenzung. Oefter noch wird das Gefüge porphyrartig dadurch, dass die Hauptgemengteile in zwei Generationen als Einsprenglinge und als Grundmasse auftreten. Solche Gesteine nähern sich den Porphyriten und wurden teilweise als Dioritporphyre bezeichnet. Eine eigenartige, durch radialstrahlige Anordnung der Hauptgemengteile in kugelförmigen Aggregaten erzeugte Abart ist der sogen. Kugeldiorit (Korsit) von Korsika. Blasige Diorite und demnach auch mandelsteinartige sind sehr selten. Durch Quetschungen und Gebirgsdruck werden manche Diorite schieferig, indem die zertrümmerten Gemengteile mit ihren Längsrichtungen eine parallele Lage einnehmen (Dioritschiefer). Ihrer chemischen Natur nach sind die Diorite etwas kieselsäurereicher als die nahverwandten und oft mit ihnen verwechselten Diabasen. Sie enthalten 49—59 % SiO_2, 15—22 % Al_2O_3, 7—13 % $FeO + Fe_2O_3$, 6—12 % CaO, 2—8 % MgO, 1—4 % Na_2O und 0,5—2 % K_2O. Im allgemeinen überwiegt Kalkerde die Magnesia und Natron das Kali. Das spez. Gew. schwankt zwischen 2,75 und 2,95 und zwar steigt es mit der Abnahme an Kieselsäure. Die Härte der einzelnen Gemengteile liegt zwischen 5,5 und 7, soweit Quarz beigemengt ist. Im allgemeinen gehören die Diorite zu den zähesten Massengesteinen, vornehmlich der faserigen oder lamellaren Hornblende oder deren chloritischen Zersetzungsprodukte wegen. Die Beimengung von resteckenausfüllendem Quarz erhöht die Zähigkeit und Widerstandskraft. Die Bearbeitung, Spaltung und Zurichtung der Diorite begegnet grossen Schwierigkeiten. — Bei der Umwandlung trübt sich zunächst der Feldspat; es bilden sich aus ihm Kaolin, Muskovit und Kalkspat, während die Hornblende in der Regel in chloritische Substanz, seltener in Serpentin oder Epidot übergeht. Die weiter fortschreitende Umwandlung liefert unter Lockerung des Zusammenhanges der Gemengteile und Zerfall derselben einen eisenreichen, mehr oder minder sandigen Lehm, nach Wegführung der Alkalien und des Kalkes. Hierbei schreitet die Verwitterung bei den prismatisch abgesonderten Stücken von aussen nach innen vor und liefert oft kugeligschalige Formen, deren Kern noch mehr oder minder frisch ist.

Der Diorit bildet selten grössere Gebirge; meist tritt er in kleinen Stöcken und Gängen auf und ist sonach in der Hauptsache das Erstarrungsprodukt

eines in Spalten und Hohlräumen eingepressten Magmas. Dies Verhalten macht die bedeutenden Schwankungen in der Korngrösse des einzelnen Vorkommens, sowie den Mangel an Mandelsteinbildungen erklärlich. Ihre Absonderung ist die bei Ganggesteinen übliche, eine grossprismatische oder säulenförmige, aus der, wie bereits bemerkt, bei der Verwitterung Kugelformen hervorgehen können. Die Verbreitung ist eine sehr geringe und nimmt noch ab, da es sich seit Einführung der mikroskopischen Untersuchung gezeigt hat, dass eine grosse Reihe von Dioriten nicht ursprünglich gebildete, sondern später aus Augit erst durch molekulare Umlagerung entstandene Hornblende (Uralit) führen, also nicht Diorite, sondern Diabase genannt werden müssen. Man darf daher echte Diorite zu den seltenen Eruptivgesteinen rechnen. Schwarzwald, Odenwald, Vogesen, Fichtelgebirg, Harz u. s. w. führen Diorite.

Nach ihrer mineralogischen Zusammensetzung unterscheidet man: 1. Hornblende-Diorit oder eigentlichen Diorit, welcher nur Hornblende und Feldspat (Plagioklas) als wesentliche Gemengteile führt. 2. Glimmer-Diorit, vorwiegend aus dunklem Magnesiaglimmer und Plagioklas bestehend. Etwas kieselsäurereicher als voriger. 3. Quarz-Glimmer-Diorit oder Tonalit, wesentlich aus Quarz, Magnesiaglimmer und Plagioklas bestehend, kieselsäurereicher als voriger (bis zu 70 %), steht dem Granit sehr nahe. 4. Quarz-Diorit oder Quarz-Hornblende-Diorit, mit Quarz, Hornblende und Plagioklas als Hauptgemengteile. 5. Augit-Diorit, neben Hornblende und Plagioklas noch Augit enthaltend, kieselsäurearm. 6. Epidiorit, ein feinkörniger bis dichter Augit-Diorit, steht dem Diabas sehr nahe.

Man kann im allgemeinen die Diorite zu den gegen Druck widerstandsfähigsten Gesteinen zählen und zwar wegen der oft faserigen Hornblende und deren chloritischem Umwandlungsprodukt. Die Gesteine besitzen einen ausserordentlich hohen Grad von Zähigkeit, spalten und springen schwer und sind daher schwer zu bearbeiten. Die Gegenwart von Quarz vermehrt noch in einzelnen Unterarten die Härte; dagegen ist das reichliche Auftreten von Glimmer kein Vorzug bei starker Inanspruchnahme durch Druck und Zug. Die genannten Vorzüge machen den Diorit zu einem hervorragenden Strassenbaumaterial, besonders geeignet zu Kleinschlag (Schotter). Die Druckfestigkeit steigt bei einzelnen Vorkommen bis zu 2000 kg auf 1 qcm. Der Kugeldiorit von Korsika (zwischen Sartene und San Lucia de Tallano) wird seines schönen Aussehens wegen als Dekorationsstein verarbeitet, auch geschliffen und polirt.

Litteratur: Zirkel, Lehrbuch der Petrographie, 2. Aufl., Bd. 2, Leipzig 1894, S. 468. — Kalkowsky, Elemente der Lithologie, Heidelberg 1886, S. 94. *Leppla.*

Diorit-Aphanit, s. Diorit.

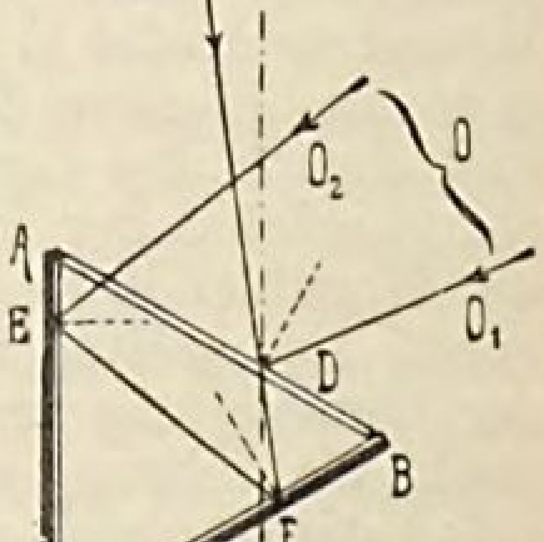
Diorit-Gneiss, s. Gneiss.

Diorit-Porphyr, Diorit-Schiefer, s. Diorit.

Diosmose, s. v. w. Endosmose (s. d.).

Diphenylamin, s. Farbstoffe, künstliche organische.

Diphyakalke werden der obersten weissen Juraformation (Malm) oder der tithonischen Formation der deutschen Alpen angehörige, sehr dichte, weisse, plattige Kalksteine genannt, welche nach einer charakteristischen Armfüssermuschel, der Terebratula diphya, genannt und örtlich zur Mörtelbereitung gebrannt werden. Im Osten der Alpen werden die Kalksteine breccienartig; in der Schweiz nehmen sie dunkle Farben an. Die roten, marmorartigen, sehr deutlich geschichteten und in grossen Platten brechenden Diphyakalke der Gegend von Trient und Roveredo (Südtirol) werden zu Hochbauten und als Dekorationssteine geschliffen und polirt, verwendet. *Leppla.*



Dipleidoskop, ein von dem engl. Uhrmacher Dent (nach den Angaben von Bloxam) konstruirtes, von Plössl in Wien verbessertes Instrument zur Zeitbestimmung durch Feststellung des Augenblicks des Meridiandurchgangs der Sonne oder eines andern hellen Gestirns (vgl. Zeitbestimmung, ferner Passagenprisma).

Es besteht aus zwei Planspiegeln und einer unbelegten Glasplatte, die zu einem Prisma nach Art der Figur zusammengestellt sind: *CA*, *CB* sind die Spiegel, *AB* die Platte; von *O* her sieht man der Figur gemäss zwei Sonnenbilder, je eines auf dem Strahlweg O_1DS und O_2EFS, die sich, wie leicht an der Figur zu verfolgen ist, auf einander zu oder von einander weg bewegen, so lange die Sonne auf ihrer Tagesbahn links oder rechts

von der Ebene CA steht; sie fallen zusammen, wenn die Sonne in der Ebene CA steht. Stellt man das Instrument so auf, dass die Spiegelebene CA im Meridian liegt, so entspricht also der Augenblick der Deckung der beiden Sonnenbilder (durch zweimalige Randberührung scharf aufzufassen, ohne Fernrohr am Instrument auf etwa 2^s, mit Fernröhren von nur etwa drei- bis sechsmaliger Vergrösserung schon bis auf 1^s und $0^s,5$ genau) dem Augenblick des wahren Mittags. Die entsprechend genaue feste Aufstellung des Instruments (Spiegelebene CA im Meridian) ist natürlich erst nach längeren Versuchen zu erreichen. Die Kopfhaltung bei der Beobachtung ist zu manchen Jahreszeiten unbequem (die Abhilfe dadurch, dass man an dem Instrument die Neigung der Prismenkanten A, C, B veränderbar macht, verlangt, dass man sich dann für jede neue Einstellung des Instrumentchens erst wieder davon überzeugt, ob die Ebene CA mit genügender Genauigkeit im Meridian steht). Das Instrument hat mit Recht grosse Verbreitung erlangt, ist aber jetzt durch das Passagenprisma etwas verdrängt. Preis 40—80 Mk. (je nachdem ein Fernröhrchen vorhanden ist oder nicht und je nach sonstiger Ausstattung).

Litteratur: Dent On the Dipleidoscope, London 1844 (später oft wieder aufgelegt.) — Heinen, Das Dipleidoskop, Düsseldorf 1847. — (Grunerts) Archiv der Math. und Physik, Bd. 5, S. 337 und 343 (Grunert und G. Schmidt). — Jordan, Grundzüge astron. Zeit- und Ortsbestimmung, Berlin 1885, S. 142—146, u. s. f. *Hammer.*

Dippel nennt der Böttcher die kleinen hölzernen Stifte oder Nägel von cylindrischer Form, welche zur Verbindung der einzelnen, die Fassböden bildenden Brettstücke dienen. S. Böttcherei.

Dipteros werden jene griechischen Tempel genannt, die von zwei Säulenreihen rings umgeben sind. Vergl. Griechischer Baustil.

Diptychon, ein Flügelaltar, der aus zwei Teilen besteht. Vergl. d. Art. Altar, Bd. 1, S. 249.

Directrix heisst die Polare eines Brennpunkts eines Kegelschnitts in Bezug auf letzteren. Es gibt zwei reelle und zwei imaginäre Directricen. Der Abstand eines Kurvenpunktes vom zugehörigen Brennpunkt ist proportional zu seinem Abstand von der Directrix, und zwar ist der erstere Abstand bei der Ellipse kleiner, bei der Hyperbel grösser als der letztere; bei der Parabel sind beide einander gleich. — Der Ort des Scheitels eines rechten Winkels, dessen beide Schenkel einen Kegelschnitt berühren, ist ein Kreis, der sogen. Directorkreis; bei der Parabel tritt an dessen Stelle die einzige reelle Directrix.

Litteratur: Salmon G., Analytische Geometrie der Kegelschnitte, deutsch von Fiedler, 4. Aufl., Leipzig 1878, S. 248, 271, 443. *Wölffing.*

Direkte Beobachtungen. In den einfachen Fällen, wo eine zu bestimmende Grösse direkt beobachtet wird, werden die Beobachtungsergebnisse als direkte Beobachtungen (s. Methode der kleinsten Quadrate) bezeichnet. Wenn also z. B. ein Winkel oder eine Linie wiederholt gemessen oder ein Körper wiederholt gewogen wird, so werden die Ergebnisse der Messungen oder Wägungen als direkte Beobachtungen zur Bestimmung der Grösse des Winkels, der Länge der Linie oder des Körpergewichtes bezeichnet.

Der wahrscheinlichste Wert x der beobachteten Grösse wird aus den Beobachtungsergebnissen $\lambda_1, \lambda_2, \ldots \lambda_n$ erhalten, indem der Durchschnitt oder das arithmetische Mittel von $\lambda_1, \lambda_2, \ldots \lambda_n$ gebildet wird und zwar, wenn alle Beobachtungsergebnisse gleich genau sind, das einfache arithmetische Mittel nach:

$$x = \frac{\lambda_1 + \lambda_2 + \ldots \lambda_n}{n} = \frac{[\lambda]}{n}, \qquad 1.$$

oder wenn die Beobachtungsergebnisse ungleich genau sind und die Gewichte p_1, p_2 und p_n haben (s. Gewichte), das allgemeine arithmetische Mittel nach:

$$x = \frac{p_1 \lambda_1 + p_2 \lambda_2 + \ldots p_n \lambda_n}{p_1 + p_2 + \ldots p_n} = \frac{[p\lambda]}{[p]}. \qquad 2.$$

Durch Vergleichung des wahrscheinlichsten Wertes x mit den einzelnen Beobachtungsergebnissen ergeben sich die wahrscheinlichsten Beobachtungsfehler v_1, v_2 und v_n nach:

$$v_1 = x - \lambda_1, \quad v_2 = x - \lambda_2, \ldots\ldots v_n = x - \lambda_n, \qquad 3.$$

womit sich für die richtige Bildung von x die Probe ergibt, dass bei gleich genauen Beobachtungen

$$[v] = v_1 + v_2 + \ldots v_n = 0 \qquad 4.$$

und bei ungleich genauen Beobachtungen

$$[pv] = p_1 v_1 + p_2 v_2 + \ldots p_n v_n = 0 \qquad 5.$$

sein muss. — Mit dem Gewicht p der gleich genauen Beobachtungen oder den Gewichten p_1, $p_2, \ldots p_n$ der ungleich genauen Beobachtungen, sowie der Quadratsumme $[vv] = v_1 v_1 + v_2 v_2 + \ldots v_n v_n$ oder $[pvv] = p_1 v_1 v_1 + p_2 v_2 v_2 + \ldots . p_n v_n v_n$ der wahrscheinlichsten Beobachtungsfehler folgen dann als Genauigkeitsmasse

a. der mittlere Fehler der Gewichtseinheit (s. Gewichte)

$$\mathfrak{m} = \pm \sqrt{p} \sqrt{\frac{[vv]}{n-1}} \text{ oder } \mathfrak{m} = \pm \sqrt{\frac{[pvv]}{n-1}} \qquad 6.$$

b. die mittleren Fehler der Beobachtungsergebnisse $\lambda_1, \lambda_2, \ldots \lambda_n$

$$m = \pm \mathfrak{m} \sqrt{\frac{1}{p}} = \pm \sqrt{\frac{[vv]}{n-1}} \text{ oder } m_1 = \pm \mathfrak{m} \sqrt{\frac{1}{p_1}},\ m_2 = \pm \mathfrak{m} \sqrt{\frac{1}{p_2}}, \ldots m_n = \pm \mathfrak{m} \sqrt{\frac{1}{p_n}} \quad 7.$$

c. das Gewicht des aus allen Beobachtungsergebnissen gewonnenen wahrscheinlichsten Wertes x der beobachteten Grösse

$$P = np \text{ oder } P = p_1 + p_2 + \cdots p_n = [p], \quad 8.$$

und d. der mittlere Fehler des wahrscheinlichsten Wertes x der beobachteten Grösse

$$M = \pm \mathfrak{m} \sqrt{\frac{1}{P}} = \pm \sqrt{\frac{[vv]}{n(n-1)}} \text{ oder } M = \pm \mathfrak{m} \sqrt{\frac{1}{P}} = \pm \sqrt{\frac{[pvv]}{[p](n-1)}}, \quad 9.$$

wobei die linksstehenden Formeln für gleich genaue Beobachtungen, die rechtsstehenden Formeln für ungleich genaue Beobachtungen gelten.

Litteratur s. Methode der kleinsten Quadrate. *Otto Koll.*

Direktionswinkel, s. Azimut.

Direktschwarz, Bezeichnung für Einbad-Anilinschwarz, seltener für ein mit direkt ziehenden Farbstoffen erzeugtes Schwarz.

Disaccharide (Saccharobiosen), s. Biosen.

Disazoverbindungen (Tetrazoverbindungen), organische Substanzen, welche zu den Azoverbindungen (s. d.) gehören und die Diazogruppe $-N=N-$ zweimal enthalten. Zu denselben zählen die wichtigsten Azofarbstoffe, wie Bibricher Scharlach, Kongorot, Azoblau u. s. f. S. Farbstoffe, künstliche organische.

Litteratur: Wallach, Liebermann u. Kostanecki, Griess, Nietzki, Berichte der deutschen chem. Gesellsch. Bd. 15, S. 25 u. 2816; Bd. 16, S. 2028 u. 2862; Bd. 17, S. 344, 880 u. 1350. *W. Kerp.*

Discus (Diskas), die bei den Kampfspielen der Griechen verwendete Wurfscheibe.

Disgregation, Zerstreuung, die Ausbreitung der Moleküle eines Körpers von einem kleineren über einen grösseren Raum, manchmal auch Spaltung grösserer Moleküle in kleinere oder in Atome, obwohl letztere Vorgänge besser als Dissociation (s. d.) bezeichnet werden. Die Disgregation wird bewirkt: durch Erniedrigung des Drucks eines Gases oder durch Erhöhung der Temperatur der Körper, durch Auflösen derselben in Lösungsmitteln. Soweit bei der Disgregation Molekularkräfte zu überwinden sind, wird die Disgregationsarbeit auf Kosten der Wärme des Körpers bezw. des Lösungsmittels geleistet. *A. Schmidt.*

Wird einem Körper eine Wärmemenge dQ zugeführt, so kann dieselbe unter den gewöhnlichen Voraussetzungen der mechanischen Wärmetheorie (s. d.) teils zur Leistung äusserer Arbeit dL (s. d.), teils zu einer Aenderung dU der Eigenenergie des Körpers dienen; man hat, wenn $1/A = 424$ das mechanische Wärmeäquivalent bedeutet:

$$dQ = A(dU + dL). \quad 1.$$

Von AdN werde ein Teil AdJ zur Ueberwindung der inneren Kräfte (mit welchen die Körperteilchen auf einander wirken), ein anderer dH zur Erhöhung der lebendigen Kraft der Körperteilchen oder freier Körperwärme verwendet, dann ist

$$dQ = dH + A(dJ + dL). \quad 2.$$

Setzt man nun

$$A(dJ + dL) = TdZ, \quad 3.$$

worin $T = 273 + t$ die absolute Temperatur (s. d.), $dJ + dL$ die behufs Aenderung der Zerteilung des Körpers aufgewendete Gesamtarbeit, so wird nach Clausius Z die Disgregation und $dJ + dL$ die Disgregationsarbeit genannt. Unter der von ihm gemachten Voraussetzung, dass Z ebenso nur vom augenblicklichen Zustande des Körpers allein abhängt, wie dies nach der Wärmetheorie für die Energie U und Entropie S gilt $\left(dS = \frac{dQ}{T}\right)$, ergibt sich, dass in

$$dQ = dH + TdZ \quad 4.$$

die Körperwärme H nur von der Temperatur des Körpers, also auch nicht von den äusseren Kräften und der Aggregatform abhängt, so dass allgemein:

$$dH = CdT, \qquad dQ = CdT + TdZ, \quad 5.$$

worin C nach Rankine die wahre spezifische Wärme heisst. Da nun für ideale Gase der freien Beweglichkeit der Teilchen wegen nach 5., 3. mit $dJ = 0$:

$$dQ = CdT + AdL,$$

und nach den gewöhnlichen Formeln für Gase (s. d.)

$$dQ = c_v\, dT + AdL,$$

wenn c_v die spezifische Wärme bei konstantem Volumen bezeichnet, so wäre die wahre spezifische Wärme C gleich der spezifischen Wärme bei konstantem Volumen c_v des betreffenden Körpers in idealem Gaszustande, also konstant, und damit die Körperwärme allgemein

$$H = CT \quad 6.$$

Clausius und andere suchten diese Ansichten noch weiter zu begründen und auszubilden, um eine möglichst ungezwungene Zurückführung des zweiten Hauptsatzes der mechanischen Wärmetheorie (s. Clausius'scher Grundsatz) auf die Gesetze der reinen Mechanik zu erreichen [3]—[5], doch hat der Gegenstand bis jetzt keine technische Bedeutung erlangt.

Litteratur: [1] Clausius, Abhandlungen über die mechanische Wärmetheorie, 1. Abt., Braunschweig 1864, S. 242 (nach Poggendorffs Annalen 1862, CXVI, S. 73). — [2] Wüllner, Experimentalphysik, B. 2: Die Lehre von der Wärme, Leipzig 1896, S. 603, 607. — [3] Clausius, Ueber die Zurückführung des zweiten Hauptsatzes der mechanischen Wärmetheorie auf allgemeine mechanische Prinzipien, Poggendorffs Annalen 1871, CXLII, S. 433 (vergl. 1870, CXLI, S. 124; 1871, CXLIII, S. 211; 1872, CXLV, S. 295; 1873, CIL, S. 74, und CL, S. 106). — [4] Boltzmann, Berichte der Wiener Akademie, 1866, LIII, S. 195 (auch 1871, LXIII, S. 712, und Journ. für reine und angewandte Math. 1887, C, S. 201). — [5] Helmholtz, Prinzipien der Statik monocyklischer Systeme, Journ. für reine und angewandte Math. 1884, Bd. 97, S. 111, 317; Ueber die physikal. Bedeutung des Prinzips der kleinsten Wirkung, Journ. für reine und angewandte Math. 1887, Bd. 100, S. 137, 213. — [6] Poincaré, Thermodynamik, Berlin 1893, S. 277. *Weyrauch.*

Diskoideenmergel, dem mittleren braunen Jura (Dogger) angehörige, dunkelgraue Mergel, die eine geringmächtige Schichtenreihe in der Schweiz bilden.

Diskordanz, s. Lagerung.

Diskrasit, s. v. w. Antimonsilber.

Diskriminante. a. Ist eine binäre Form n. Ordnung $f(x, y)$ (s. Form) oder eine durch Nullsetzen derselben entstehende Gleichung $f(x, y) = 0$ gegeben, so heisst Diskriminante D diejenige Koefficientenverbindung derselben, deren Verschwinden anzeigt, dass die algebraische Gleichung zwei gleiche Wurzeln besitzt. D ist vom Grad $2(n-1)$ in den Koefficienten $a_0\, a_1 \ldots .\, a_n$ von f; sie ist eine Invariante. Man erhält D als Resultante von $\frac{\partial f}{\partial x} = 0$ und $\frac{\partial f}{\partial y} = 0$. Sind ferner $\alpha_1\, \alpha_2 \ldots\, \alpha_n$ die Wurzeln der algebraischen Gleichung, so ist

$$D = (a_2 - \alpha_1)^2 (\alpha_3 - \alpha_1)^2 \ldots (\alpha_n - \alpha_1)^2 . \quad (\alpha_3 - \alpha_2)^2 \ldots (\alpha_n - \alpha_2)^2 \ldots\ldots \quad (\alpha_n - \alpha_{n-1})^2 .$$

also gleich dem Produkt der Quadrate der Wurzeldifferenzen. Die Diskriminante von $f.\varphi$ ist D von f mal D von φ mal Quadrat der Resultante von f und φ.

Für $f = ax^2 + 2bxy + cy^2$ ist $D = ac - b^2$.
Für $f = ax^3 + 3bx^2y + 3cxy^2 + dy^3$ ist $D = 4(ac - b^2)(bd - c^2) - (ad - bc)^2$.
Für $f = ax^4 + 4bx^3y + 6cx^2y^2 + 4dxy^3 + ey^4$ ist

$$D = (ae - 4bd + 3c^2)^3 - 27(ace + 2bcd - ad^2 - b^2e - c^3)^2 .$$

b. Ist eine ternäre Form n. Ordnung $f(x, y, z)$ oder eine durch Nullsetzen derselben entstehende Gleichung einer ebenen Kurve gegeben, so heisst Diskriminante D die Koefficientenverbindung, deren Verschwinden die Existenz eines Doppelpunktes (s. Punkt) der betreffenden Kurve anzeigt. Sie ist Resultante von $\frac{\partial f}{\partial x} = 0, \frac{\partial f}{\partial y} = 0, \frac{\partial f}{\partial z} = 0$, und vom Grad $3(n-2)^2$.

Die Diskriminante der Kegelschnittgleichung $ax^2 + 2bxy + cy^2 + 2d.z + 2eyz + fz^2 = 0$ ist $\begin{vmatrix} a & b & d \\ b & c & e \\ d & e & f \end{vmatrix}$; sie verschwindet, wenn der Kegelschnitt in ein Geradenpaar zerfällt.

c. Bei quaternären Formen resp. Flächengleichungen zeigt das Verschwinden der Diskriminante die Existenz eines Knotenpunktes (s. Punkt) an u. s. f.

Litteratur: [1] Baltzer, Theorie und Anwendung der Determinanten, 5. Aufl., Leipzig 1881, S. 135. — [2] Salmon, G., Vorlesungen über die Algebra der linearen Transformationen, deutsch von W. Fiedler, 2. Aufl., Leipzig 1877, 11. und 16. Vorl. — [3] Gordan P., Vorlesungen über Invariantentheorie, herausgeg. von Kerschensteiner, Bd. 1, § 14. — [4] Faà di Bruno, Einleitung in die Theorie der binären Formen, deutsch von Walter, Leipzig 1881, § 7. — [5] Hagen J., Synopsis der höhern Mathematik, Bd. 1, Berlin 1891, S. 197 ff. *Wölffing.*

Dislokation, s. v. w. Gebirgstörung.

Dismembrator, Desintegrator (lat. Enthülser, Zerteiler). Beide unterscheiden sich nur hinsichtlich der historischen Entwicklung [1]. Heute versteht man darunter eine in der Getreidemüllerei, aber auch für andere Zerkleinerungszwecke, gebrauchte Maschine, bei der sich zwei senkrechte oder auch wagrechte Scheiben gegenüberstehen, die mit runden Stiften besetzt sind, so dass die Stifte der einen Scheibe zwischen denen der andern hindurchstreichen können. Entweder läuft nur eine der beiden Scheiben um oder beide. Das wirksame zerkleinernde Prinzip ist hier der Schlag gegen freischwebende Teile (ein Schlag, demjenigen ähnlich, den man einem geworfenen Balle mit dem Ballholze erteilt [2]). Vielfach wird aber hiermit das Prinzip der Quetschung verbunden, indem die Stifte so gesetzt werden, dass sie dicht an einander vorbei streichen und zwischen sie geratene Mahlgutteilchen zerdrücken. (Die ursprünglich an die Maschine geknüpften grossen Hoffnungen haben sich nicht erfüllt. Eine Hauptschwierigkeit liegt in der hohen Umdrehungszahl und dem hohen Kraftverbrauch.) Man hält

teilweise Wasserkühlung der Lager und, zur Verminderung des Widerstandes im Innern, Luftverdünnung (durch Aspiration) für nützlich. In der Getreidemüllerei liefern sie das beste Ergebnis, wenn ein Vorbrechen auf Walzen stattfindet, am häufigsten aber findet die Verwendung zum letzten Ausschlagen der Schalen (Kleie) statt. Verdient um die Ausbildung des Dismembrators haben sich die Firmen Nagel & Kämp, Hamburg, Ferd. Kraus, Neuss, und die Maschinenfabrik für Mühlenbau, vorm. C. G. W. Kapler, Berlin, gemacht (s. deren Kataloge).

Die Angaben über Leistungen bei Schalenausmahlung schwanken zwischen 5000 und 15000 kg in 24 Stunden, je nach Grösse der Maschine, 14000 bis 25000 kg vorgebrochenes Weizenschrot und 12500 bis 25000 kg Roggenschrot, ebenfalls vorgebrochen. Kraftverbrauch 2 bis $6^1/_2$ Pferdestärken. — Vergl. auch Desintegratoren.

Litteratur: [1] Gustav Pappenheim, Populäres Lehrbuch der Müllerei, Wien 1890, S. 256. — [2] Fr. Kick, Die Mehlfabrikation, Leipzig 1894, S. 228 u. 229. *Arndt.*

Dispersion des Lichts, s. Farben; Dispersion der Wärmestrahlen, s. Wärmestrahlung.

Displuviatus, lat., s. v. w. entwässert, darnach wird nach Vitruv die Einrichtung jener römischen Atrien genannt, bei welchen zwar eine Regenöffnung im Dache vorhanden ist, die Neigung des Daches aber nach aussen erfolgt. Vergl. d. Art. Atrium, Bd. 1, S. 526.

Disponible Arbeit wird vielfach diejenige Arbeit einer Kraftmaschine, insbesondere einer thermodynamischen Maschine, genannt, welche die Maschine leisten würde, wenn die zugeführte Energie (s. d.) durch den vollkommensten Arbeitsprozess und ohne alle Verluste zur Verwendung käme [1]. Eine solche vollkommene Maschine ist jedoch unmöglich. Subtrahirt man von der disponiblen Arbeit L_d die Arbeit L_i des Prozesses, in welchem die zugeführte Energie wirklich Verwendung findet, so erhält man in $L_d - L_i$ den Verlust infolge der Unvollkommenheit des Prozesses. Von der Arbeit L_i wird ein Teil zur Ueberwindung von Widerständen etc. in der Maschine verausgabt, so dass die Nutzarbeit oder effektive Arbeit L, welche durch Bremsversuche ermittelt werden kann, stets kleiner als L_i ist. Bei thermodynamischen Maschinen (Dampfmaschinen, Gasmaschinen, Heissluftmaschinen u. s. w.) ist die zugeführte Energie eine Wärmemenge Q. Kommt dieselbe zwischen der oberen Grenztemperatur $T_1 = 273 + t_1$ und der unteren Grenztemperatur $T_2 = 273 + t_2$ zur Verwendung (s. Absolute Temperatur, t_1, t_2 Temperaturen nach Celsius), so beträgt die disponible Arbeit [1], [2]:

$$L_d = \frac{Q_1}{A\,T_1}(T_1 - T_2) \text{ mk} \qquad 1.$$

unter $1/A = 424$ das mechanische Wärmeäquivalent verstanden (s. d.). Um diese Arbeit zu leisten, müsste die Arbeitsflüssigkeit Carnot'sche Kreisprozesse durchlaufen (s. Kreisprozess). Die wirklichen Prozesse der Arbeitsflüssigkeit lassen sich durch Indikatordiagramme darstellen, weshalb die Arbeit L_i bei thermodynamischen Maschinen indicirte Arbeit heisst. Disponibler Effekt N_d, indicirter Effekt N_i und Nutzeffekt N sind die disponible Arbeit, indicirte Arbeit und Nutzarbeit per Sekunde, also wenn L_d, L_i, L sich auf einen Kreisprozess oder entsprechenden Vorgang beziehen und n solcher Spiele in der Minute stattfinden, in Pferdestärken:

$$N_d = \frac{n}{60.75} L_d, \quad N_i = \frac{n}{60.75} L_i, \quad N = \frac{n}{60.75} L. \qquad 2.$$

N_d wird häufig, z. B. von Grashof, absoluter Effekt genannt. Setzt man

$$\eta_d = \frac{L_i}{L_d} = \frac{N_i}{N_d}, \qquad \eta_i = \frac{L}{L_i} = \frac{N}{N_i} \qquad 3.$$

so heisst η_d der thermische Wirkungsgrad [1] oder kalorische Wirkungsgrad [2] der thermodynamischen Maschine, η_i der indicirte Wirkungsgrad und mitunter auch der Wirkungsgrad kurzweg. Ueberhaupt ist zu beachten, dass die Wirkungsgrade von verschiedenen Autoren verschieden bezeichnet worden [1]—[4]. Der Wert von η_i liegt meist zwischen 0,75 und 0,85. — Vergl. Aeussere Arbeit.

Litteratur: [1] Zeuner, Technische Thermodynamik, Bd. 1, Leipzig 1887, S. 275, 283, Bd. 2, Leipzig 1890, S. 382. — [2] Grashof, Theoretische Maschinenlehre, Bd. 3, Theorie der Kraftmaschine, Leipzig 1890, S. 403. — [3] Weissbach, Lehrbuch der Ingenieur- u. Maschinen-Mechanik, Bd. 2, Braunschweig 1883—87, S. 3, 1159, 1177. — [4] Bernoullis Dampfmaschinenlehre, Stuttgart 1890, S. 467. *Weyrauch.*

Dissociation nennt man ganz allgemein den Zerfall einer Molekel in mehrere kleinere Teilmolekeln, jedoch mit der Einschränkung, dass dieser Zerfall nicht vollständig ist und gewissen physikalischen Einflüssen unterliegt, durch die er zurückgedrängt oder vergrössert wird (s. Dissociationsisotherme). Allgemein kennzeichnet sich der Zustand der Dissociation als der Gleichgewichtszustand einer umkehrbaren Reaktion zwischen den undissociirten Molekeln und ihren Dissociationsprodukten.

Je nach der Natur der sich dissociirenden Körper oder ihrer Dissociationsprodukte unterscheidet man verschiedene Arten, z. B. diejenige fester Körper, kristallwasserhaltiger Salze, von Gasen; die elektrolytische. Beispiele solcher in Form einer umkehrbaren Reaktionsgleichung gekleideten Dissociationen sind:

$$CaCO_3 \rightleftharpoons CaO + CO_2 \qquad CuSO_4\,5\,H_2O \rightleftharpoons CuSO_4\,2\,H_2O + 3\,H_2O$$
$$CuSO_4\,2\,H_2O \rightleftharpoons CuSO_4 + 2\,H_2O \qquad NH_4HS \rightleftharpoons NH_3 + H_2S$$
$$NH_2COONH_4 \rightleftharpoons CO_2 + 2\,NH_3 \qquad NH_4Cl \rightleftharpoons NH_3 + HCl$$
$$N_2O_4 \rightleftharpoons 2\,NO_2 \qquad PCl_5 \rightleftharpoons PCl_3 + Cl_2.$$

Eine Dissociation besonderer Art ist diejenige elektrolytisch leitender Stoffe in elektrisch geladene Teilmolekeln, die sogen. Ionen, wonach sie als elektrolytische Dissociation oder auch wohl als Ionisation bezeichnet wird. Dies ist die häufigste aller Dissociationserscheinungen, und obwohl sie erst 1887 durch Arrhenius entdeckt ist, auch am vielseitigsten erforscht.

Wenn man die Ionen entsprechend ihrer elektrischen Ladung mit + resp. — überzeichnet, so lassen sich derartige Dissociationen folgendermassen schreiben:

$$KCl \rightleftharpoons \overset{+}{K} + \overset{-}{Cl} \qquad Na_2SO_4 \rightleftharpoons 2\,\overset{+}{Na} + \overset{-}{SO_4}$$
$$HNO_3 \rightleftharpoons \overset{+}{H} + \overset{-}{NO_3} \qquad NH_4OH \rightleftharpoons \overset{+}{NH_4} + \overset{-}{OH}$$
$$H_2SO_4 \rightleftharpoons \overset{+}{H} + \overset{-}{HSO_4} \qquad \overset{-}{HSO_4} \rightleftharpoons \overset{+}{H} + \overset{-}{SO_4}.$$

Unter „stufenweiser Dissociation“ versteht man die Möglichkeit, dass Teilmolekeln, also die Dissociationsprodukte der ursprünglichen Molekeln, ihrerseits noch einer weiteren Dissociation unterliegen, die sich der ersten superponirt; Beispiele sind:

$$CuSO_4\,5\,H_2O \rightleftharpoons CuSO_4\,2\,H_2O + 3\,H_2O — CuSO_4\,2\,H_2O \rightleftharpoons CuSO_4 + 2\,H_2O$$
$$H_2SO_4 \rightleftharpoons \overset{+}{H} + \overset{-}{HSO_4} — \overset{-}{HSO_4} \rightleftharpoons \overset{+}{H} + \overset{--}{SO_4}.$$

Der als hydrolytische Dissociation bezeichnete Zerfall von Salzen schwacher Säuren und Basen in wässeriger Lösung in Basis und Säure ist, streng genommen, keine Dissociation, da das Wasser hier mit reagirt, so dass auf keiner Seite der Reaktionsgleichung nur ein Stoff steht:

$$\underset{\text{(Anilinacetat)}}{C_6H_5NH_3CH_3COO} + H_2O = \underset{\text{(Anilin)}}{C_6H_5NH_3OH} + \underset{\text{(Essigsäure).}}{HCH_3COO}$$

Abegg.

Dissociationsgrad ist der echte Bruch, der das Verhältnis der Zahl der dissociirten zur Gesamtzahl der Molekeln angibt, die letztere unter der Annahme berechnet, dass die ganze Menge des betrachteten Stoffes in Gestalt undissociirter Molekeln vorhanden sei. Seine Grösse ergibt sich aus einer der Methoden, nach denen man die Anzahl der Molekeln in einem gegebenen Volumen bestimmen kann, die also auf dem Avogadro'schen Gesetz beruhen.

Bei Gasen benützt man dazu die Dampfdichtebestimmung: Zerfällt der Bruchteil γ der Gasmolekeln in je n neue, so entstehen aus jeder Molekel $n\gamma$ Teilmolekeln und verbleiben $1-\gamma$ undissociirte, zusammen also $1+(n-1)\gamma$ Molekeln. In demselben Verhältnis nimmt dann auch bei konstantem Volum des Gases der Druck oder bei konstantem Druck das Volum zu, also die Dampfdichte ab, so dass sich die beobachtete Dampfdichte δ zur theoretisch berechenbaren Δ wie folgt verhält: $\frac{\sigma}{\Delta}=\frac{1}{1+(n-1)\gamma}$, woraus sich der Dissociationsgrad ergibt als: $\gamma=\frac{\Delta-\delta}{(n-1)\delta}$. Aus ersterer Gleichung ergibt sich als Kennzeichen der Dissociation, dass die Dampfdichten kleiner als der theoretisch berechenbare Wert sind. Der Dissociationsgrad wächst bei Gasen mit steigender Temperatur und sinkt bei steigendem Druck.

Für gelöste Körper wird der Dissociationsgrad ganz analog aus der Grösse des osmotischen Druckes hergeleitet, den man indirekt aus der Gefrierpunktserniedrigung, Dampfdruckerniedrigung, Siedepunktserhöhung etc. bestimmt. Wenn sich der Wert des osmotischen Druckes als der i-fache des theoretischen ergibt, so ist dem bei Gasen gesagten ganz analog $i=1+(n-1)\gamma$ und es lässt sich daraus berechnen, dass $\gamma=\frac{i-1}{n-1}$. Für die elektrolytische Dissociation speziell

findet sich ausserdem noch in der galvanischen Leitfähigkeit ein Mittel zur Bestimmung des Dissociationsgrads. Da nämlich bei unendlich grosser Verdünnung alle Molekeln in Ionen dissociirt sind und deshalb an der Stromleitung teilnehmen, während bei geringeren Verdünnungen nur der als Ionen (also dissociirt) vorhandene Bruchteil γ leitet, so ergibt das Verhältnis der molekularen Leitfähigkeit bei der Verdünnung v, es heisse μ_v und bei unendlicher Verdünnung μ_∞, unmittelbar den Dissociationsgrad γ, also: $\gamma = \frac{\mu_v}{\mu_\infty}$. Der Dissociationsgrad ist ausser der Verdünnung, mit der er wächst, insbesondere noch abhängig vom Dissociationskoefficient. *Abegg.*

Dissociationsisotherme ist die Gleichung, welche die Mengenverhältnisse der undissociirten Molekeln und ihrer Dissociationsprodukte bei konstanter Temperatur beherrscht.

Sie ergibt sich durch Anwendung des Massenwirkungsgesetzes (s. Massenwirkung, chemische) auf die Dissociation (s. d.): Es sei v das Volumen, welches ein Gramm-Molekulargewicht des im Dissociationszustand befindlichen Körpers enthalte; sein Dissociationsgrad (s. d.) sei γ und die Anzahl Teilmolekeln, in die eine Molekel zerfällt, sei n, dann ist $\frac{(n\gamma/v)^n}{(1-\gamma)/v} = K$, d. h. das Produkt der Konzentrationen der Dissociationsprodukte im Verhältnis zur Konzentration der undissociirten Molekeln ist konstant (K). Daraus ergibt sich $\frac{(n\gamma)^n}{1-\gamma} = Kv^{n-1}$ oder um auf den häufigsten Fall ($n = 2$) zu spezialisiren: $\frac{v^4\gamma^2}{1-\gamma} = Kv$. Der Dissociationsgrad wächst also mit zunehmender Verdünnung. Von besonderem Interesse ist die Konstante K, der Dissociationskoefficient oder die Dissociationskonstante, der offenbar beim Vergleich verschiedener Stoffe in gleicher Verdünnung v das Mass für ihren Zerfall in die Dissociationsprodukte bildet. Je grösser K, um so stärker ist bei gleicher Konzentration ein Körper dissociirt.

Da die elektrolytische Dissociation bestimmend für die Reaktionsfähigkeit der Körper ist, so ist der Dissociationskoefficient gleichzeitig ein Mass für die Affinität der Körper, speziell der Basen und Säuren, und wird deshalb auch als Affinitätskonstante bezeichnet. *Abegg.*

Dissociationskoefficient (-konstante), s. Dissociationsisotherme.

Dissociationsspannung heisst der Gasdruck gasförmiger Dissociationsprodukte, die der Dissociation eines festen Stoffes entstammen und mit diesem im Gleichgewicht stehen. Die Dissociationsspannung ist für verschiedene Temperaturen äusserst veränderlich, bei konstanter dagegen konstant. Es rührt dies daher, dass gemäss der Gleichung der Dissociationsisotherme (s. d.) das Mengenverhältnis der Dissociationsprodukte und der undissociirten Molekeln konstant ist. Im Gasraum muss nun aber die Konzentration der festen undissociirten Molekeln bei einer und derselben Temperatur unveränderlich sein; sie muss der (wenn auch häufig unmessbar kleinen) konstanten Sublimationsspannung entsprechen und dem gemäss muss dann auch die Konzentration der gasförmigen Dissociationsprodukte, also ihr Druck, konstant sein, wie folgende Versuchsergebnisse Le Chateliers [1] am Calciumkarbonat beweisen, welches sich nach der Gleichung $CaCO_3 \rightleftarrows CaO + CO_2$ dissociirt. t sind die Temperaturen, p die Dissociationsspannungen in mm Quecksilberdruck:

t	p	t	p	t	p	t	p
547°	27	625°	56	745°	289	812°	753
610°	46	740°	255	810°	678	865°	1333

Litteratur: [1] Le Chatelier, Comptes rendus, Bd. 102, S. 1243 (1886). *Abegg.*

Dissociationswärme ist die Wärmemenge, die bei der Dissociation einer Molekel in ihre Teile (andere kleinere Molekeln oder Ionen) gebunden oder frei wird oder die Differenz des Energieinhalts der undissociirten Molekeln gegenüber ihren Dissociationsprodukten. In weiterem Umfange ist sie nur für die elektrolytische Dissociation (in Ionen) bekannt und hier analog der bekannten Clausius-Clapeyron'schen Formel der mechanischen Wärmetheorie aus dem Dissociationsgrad und dem Temperaturkoefficienten der Leitfähigkeit von Arrhenius [1] berechnet worden, der für 35° u. a. folgende Zahlen fand:

Essigsäure	— 386 Cal.	Propionsäure	— 557 Cal.
Buttersäure	— 935 „	Bernsteinsäure	+ 445 „
Dichloressigsäure	— 2893 „	Phosphorsäure	— 2458 „
Unterphosphorige Säure	— 4301 „	Fluorwasserstoff	— 3549 „

Die Dissociationswärme nimmt bei allen Elektrolyten mit steigender Temperatur ab, soweit ihre Veränderlichkeit bekannt ist. Bei der Neutralisation von Säuren und Basen ist die Dissociationswärme von Einfluss auf die Wärmetönung des Prozesses, sobald schwach disscoiirte Säuren oder Basen zur Anwendung kommen, deren entstehende Salze stark dissociirt sind. Alsdann addirt sich zu der Wärmetönung des Zusammentretens der Ionen H und OH zu neutralem Wasser noch die des Zerfalls der schwach dissociirten Säure oder Base in ihre Ionen, wodurch in solchen Fällen die Wärmetönung eine andere als 13210 Cal. wird, wie sie sich konstant für die Neutralisation fast vollständig dissoicirter d. h. starker Säuren mit ebensolchen Basen findet. Ein Zusammenhang zwischen der Grösse der Dissociationswärme und der Natur der Elektrolyte ist nicht erkannt.

Litteratur: [1] Arrhenius, Zeitschr. f. physikal. Chemie, Bd. 4, 349 u. Bd. 9, 339. *Abegg.*

Dissolving views, Nebelbilder, die auf denselben Schirm entworfenen Bilder zweier Zauberlaternen (s. Laterna magica) lassen sich in einander verwandeln, indem man das eine Bild allmälich abblendet, das andere entstehen lässt.

Dissonanz, s. Konsonanz.

Distanzbarrièren, s. Fernschluss der Wegeschranken.

Distanzlatte nennt man die bei Distanzmessern mit Latte (s. Distanzmesser I) verwendete Ziellatte. Ihrer äusseren Anordnung nach entspricht sie den Nivellirlatten (s. d.). Da die Nivellirlatten aber nur für kurze Zielweiten (bis 100 m) berechnet sind, die Distanzlatten dagegen für grössere Entfernungen (Max. 800 m) ausreichen sollen, so ist für diesen Zweck eine andere Teilung und Bezifferung erforderlich.



Bis 300 m kann ohne weiteres eine Nivellirlatte mit cm-Teilung verwendet werden, wenn nur die vollen Meter mit geeigneten Zielmarken (s. Fig.) versehen werden. Für grössere Zielweiten ist eine dm-Teilung (mit ½ dcm-Marken) zu wählen und zwar eine einfache Feldteilung (s. Nivellirlatte) oder eine Strichteilung mit kräftigen Strichen, wobei die vollen Meter durch grosse Zahlen oder durch besondere Marken (s. Fig.) kenntlich gemacht (unterschieden) sind. Für viele Fälle ist es zweckmässig, beide Seiten der Latte mit verschiedenen Teilungen zu versehen, z. B. Vorderseite mit cm-Teilung, Rückseite mit dm-Teilung und Zielmarken (s. Fig.). Diese letzteren sind dann gleichzeitig für Distanzmesser mit konstantem Lattenwert geeignet. Die Distanzlatten werden lotrecht gestellt mit Hilfe von Dosenlibellen; bei vielen tachymetrischen Aufnahmen genügt auch die Aufstellung nach Augenmass. Die feste Aufstellung wird bei Wind ermöglicht durch Verwendung von zwei Fluchtstäben als Streben oder durch besonders angebrachte Streben, welche namentlich erforderlich werden, falls die Latte rechtwinkelig zur Ziellinie gerichtet werden soll. Weiteres, auch über Fehler der Lattenhaltung, s. Distanzmesser, Tachymeter und Tachymetrie. (Logarith. Lattenteilung s. Distanzmesser.) *Reinhertz.*

Distanzmesser sind Instrumente, mit welchen die Länge der Ziellinie (oder deren Projektion) zwischen dem Standpunkte des Instrumentes und einem andern Punkte, dem Zielpunkte, durch unmittelbare Ablesung der gesuchten Entfernung selbst oder einer (einfachen) Funktion derselben gefunden werden kann.

Damit ist der Unterschied zwischen dem Prinzip der „Distanz"-(„Entfernungs"-)Messer und den „Längenmessinstrumenten" (Messstab, Messlatte, Messband u. s. w.) gekennzeichnet. Bei der Ausbildung dieser beiden Instrumentgattungen tritt ein Wettstreit in der Leistungsfähigkeit derselben hervor, bei welchem im allgemeinen die Distanzmesser in Bezug auf die Schnelligkeit, die Längenmessinstrumente in Bezug auf die Genauigkeit der Messung den Vorrang behaupten. Diesen beiderseitigen Vorzügen entspricht ihre Verwendung in der Technik.

Die Grösse der Entfernung, die Genauigkeit ihrer Bestimmung und die Anordnung des Messungsverfahrens führen für die Distanzmesser in Bezug auf ihre technische Verwendung zu einer Unterscheidung in: I. Distanzmesser für speziell geodätische Zwecke (Tachymetrie) in Verbindung mit geodätischen Instrumenten (Nivellirinstrument, Kippregel, Theodolit, Tachymeter) und II. Distanzmesser zur allgemeinen Lösung des Problems, besonders für militärische (artilleristische) Zwecke für grosse Entfernungen (bei geringerer Genauigkeit der Bestimmung).

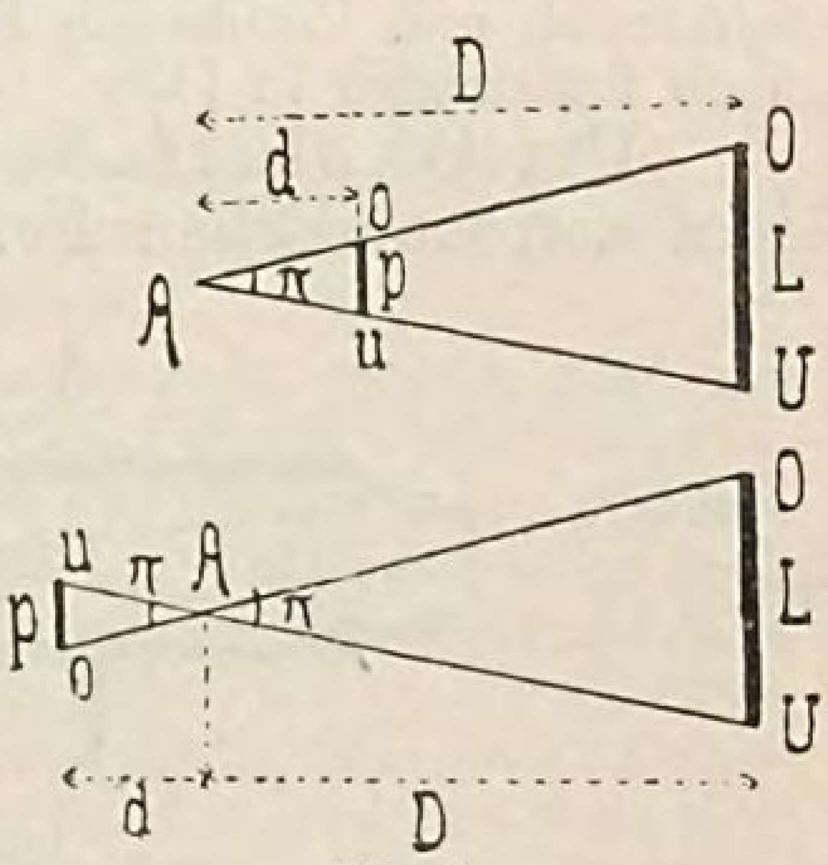


Fig. 1.

Das allgemeine Prinzip der Distanzmessung ist durch Fig. 1 ausgedrückt. Die Distanz D (bezw. AO oder AU) ist aus der kleinen Länge L, der „Distanzbasis", mit Hilfe der weiteren Bestimmungsstücke p, d bezw. π nach der Beziehung: $D = L d : p$ oder $= L \varrho : \pi$ 1.

abzuleiten (ϱ = Kreiskonstante). Das Bestimmungselement π, welches wegen des Verhältnisses $L:D$ stets einem sehr kleinen Winkel entspricht, wird die Parallaxe (der parallaktische, diastimometrische, mikrometrische, Distanz messende Winkel) genannt. Zur Gewinnung der bestimmenden Grössen L, p, d und π stehen verschiedene Wege offen, durch deren Kombination sich eine ganze Reihe von Konstruktionsmöglichkeiten (Erfindungen) von Distanzmessern darbieten, welche besonders für die oben zu II. gerechneten Instrumente zu stets neuen Versuchen führen.

Für Konstruktion, Bedeutung und Verwendung der Instrumente ist in erster Linie entscheidend die Anordnung der Distanzbasis L: ob dieselbe in den Zielpunkt oder am Standpunkt in das Instrument verlegt wird. Dieser Unterschied der Anordnung ist so wesentlich für Bedeutung und technische Verwendung der Instrumente, dass dieselben darnach ganz allgemein den oben erwähnten Klassen I und II zugeordnet werden können und zwar zu den geodätisch (-tachymetrischen) Instrumenten I. diejenigen mit Verlegung der Basis in den Zielpunkt, zu II. die Instrumente, welche selbst Träger der Basis sind. Da bei I. die Distanzbasis durch eine leicht transportable, mit Teilung oder Zielmarken versehene Ziellatte, die sogen. Distanzlatte (s. d.), gebildet wird, nennt man die zu dieser Gruppe gehörenden Instrumente auch Distanzmesser mit Latte, während man die mit Basis versehenen Apparate II. als Distanzmesser ohne Latte (d. h. ohne Ziellatte) bezeichnet. Daneben kommen noch in Betracht Instrumente ohne Basis und Latte, welche also die unmittelbare Messung einer kurzen Standlinie L bedingen und auf anderen Prinzipien beruhen, wie z. B. die Bildweiten- und Schall-Distanzmesser (s. weiter unten).

I. Distanzmesser mit Distanzlatte.

Die distanzmessende Vorrichtung ist angebracht an geodätischen Instrumenten (Nivellirinstrument, Kippregel, Theodolit, Tachymeter). Der distanzmessende Winkel π oder die Elemente p und d werden eingeführt: 1. durch eine einzige Einstellung (Zielung) nach O und U oder 2. durch zwei unmittelbar auf einander folgende Einstellungen auf O und U, wobei dann in jedem Fall L oder π konstant oder variabel sein können.

1. Distanzmesser mit einfacher Zielung. Entspricht p dem durch das Fernrohrobjektiv (s. Fernrohr) in der Bildweite d entworfenen Bild des Lattenabschnittes L, welches begrenzt wird durch den konstanten Abstand p zweier in der Bildebene des Objektivs angebrachten Fäden oder Striche (Distanzfäden), so haben wir den Okularfaden-Distanzmesser; entspricht p dem Bild eines bestimmten Lattenstückes L und wird p in der Bildebene mikrometrisch mit Strichmikrometer oder Mikrometerschraube gemessen, so haben wir den Okularmikrometer-Distanzmesser. Diese auf der Messung der Grössen der Fernrohrbilder beruhenden Distanzmesser bezeichnet man als optische Distanzmesser.

Ihre Konstruktion ist bald nach der Einführung des Fernrohrs als Zielinstrument mehrfach, vermutlich unabhängig von einander, angegeben worden. Das älteste Instrument scheint ein Strichmikrometer mit konstanter Latte gewesen zu sein, Montanari 1674 [10]; später hören wir von Versuchen durch Kästner (etwa 1780) [11], welcher ein Schraubenmikrometer benützte, und von Green (1778) [12], welcher die heutige einfache Anordnung der festen Fäden im wesentlichen angab, die dann später durch Reichenbach in Deutschland und durch Porro in Italien, Oesterreich und Frankreich Eingang und rasche Verbreitung fand. Wertvolle historische Angaben finden sich in [13].

Der Okularfaden-Distanzmesser. Auf den Fadenrahmen (Fig. 2) eines astronomischen Fernrohrs F werden im Abstand p zwei Fäden f_0 und f_u parallel ausgespannt (in der Regel in gleichem Abstand von dem Horizontalfaden f_h des Fadenkreuzes).

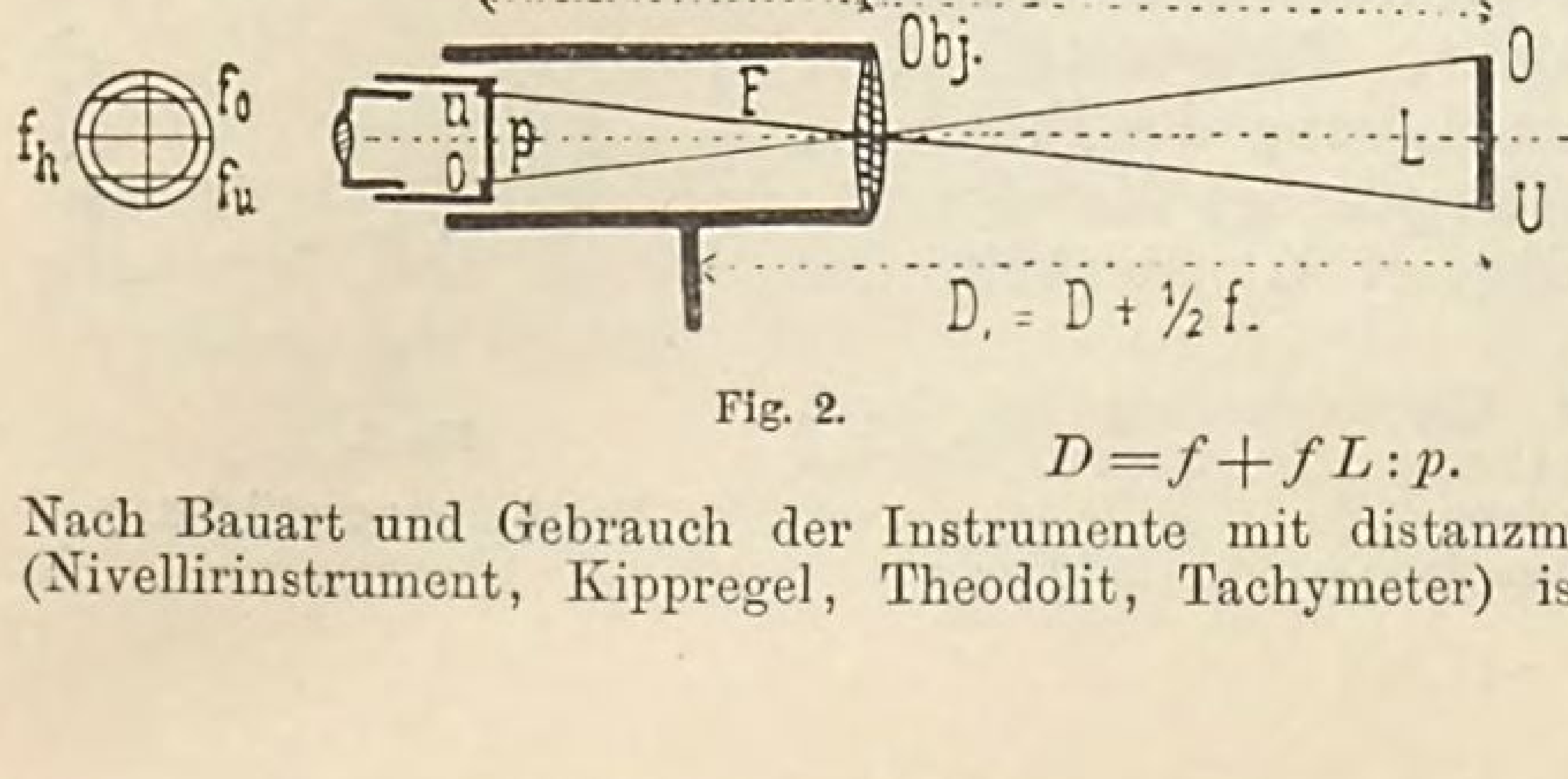


Fig. 2.

Dann ist nach der dioptrischen Grundgleichung $1:D + 1:d = 1:f$ (s. Fernrohr), und wenn L parallel p, nach der Beziehung $p:d = L:D$

$$D = f + fL:p. \qquad 2.$$

Nach Bauart und Gebrauch der Instrumente mit distanzmessenden Okularfäden im Fernrohr (Nivellirinstrument, Kippregel, Theodolit, Tachymeter) ist die Zielentfernung D_1 von der

Dreh- bezw. Kippaxe A aus zu rechnen; demnach ist zu D noch rund die halbe Fernrohrlänge (halbe Brennweite $= 0{,}5 . f$) hinzuzulegen, so ist

$$D_1 = D + 0{,}5 f = 1{,}5 . f + f L : p \qquad 3.$$

oder allgemein

$$D = a + k L , \qquad 4.$$

worin a und k Instrumentkonstanten sind, a die Additionskonstante (optische Konstante) und k die Multiplikationskonstante. Bei Fernrohren mit Kollektivlinsen zwischen Objektiv und Bildebene (Huyghens, Porros Fernrohr) erleidet die Beziehung 2. eine gewisse Veränderung; in jedem Fall aber bleibt die Beziehung zwischen L und D linear und lässt sich auf die allgemeine Form 4. bringen. Durch entsprechende Anordnung der Kollektivlinsen zwischen Objektiv und Bildebene lässt sich die Beziehung so gestalten, dass in 4. der Wert $a = 0$ wird, der Scheitel des distanzmessenden Winkels also gewissermassen in die Fernrohrmitte verlegt erscheint. Die Konstante a beträgt bei Distanzfernrohren mit Objektiv-Brennweiten von $f = 20$ cm bis 40 cm (Max.) rund $a = 0{,}3$—$0{,}6$ m, im Mittel etwa 0,45 m (bei Porro $= 0$). Die Konstante k ist massgebend für die Genauigkeit der Distanzbestimmung, je kleiner je besser. Zweckmässige Verhältnisse sind $k = 50$, 100, 200, entsprechend der Länge der Distanzlatten 3—4 m, brauchbar für Zielweiten bis zu 600 m (800 m Max.).

Die Additionskonstante a wird am besten bestimmt durch unmittelbare Messung der Brennweite (Abstand des Objektivs vom Fadenrahmen bei Einstellung auf ein weit entferntes Ziel), wodurch $a = 1{,}5 f$ auf 1 mm genau erhalten wird. Die Multiplikationskonstante k wird durch Ableitung aus den bei genau bekannten Entfernungen abgelesenen Lattenabschnitten L gewonnen. (Die unmittelbare Ableitung des Quotienten $f : p$ durch Messung von f und p ergibt kein genügend genaues Resultat und die Messung des parallaktischen Winkels mit einem vor das Objektiv gestellten Kollimator ist nicht immer ausführbar). Das Verfahren ist folgendes: In ebenem Gelände (am besten auf einem geraden Weg oder Eisenbahn) werden vom Instrumentstand aus in einer abgesteckten Linie eine Reihe von Punkten durch Abschreiten in ungefähr gleichen Abständen von etwa 50 Schritt bis zur Gebrauchs- bezw. Ablesungsgrenze ausgewählt und mit Pfählen bezeichnet, so dass z. B. Zielweiten von etwa 50, 100, 150, 200, 250, 300 Schritt oder Meter entstehen. Auf diesen Punkten wird der Reihe nach die Distanzlatte sorgfältig aufgehalten und der Lattenabschnitt abgelesen. Dies geschieht in der Weise, dass der untere Faden auf eine volle Meterzahl, z. B. 1 m, eingestellt und die Stellung des oberen Fadens in der Teilung der Latte (s. Distanzlatte) abgelesen wird, oder indem man den Mittelfaden auf eine volle Meterzahl, z. B. 2 m, einstellt und am unteren und oberen Faden abliest. Wenn der mittlere Faden genau oder fast genau in der Mitte der äusseren Fäden angebracht ist, so sind die Abweichungen der Ablesungen vom Mittelfaden genau oder fast genau gleich und ergänzen sich zu 1. (s. Tachymetrie). Sodann werden von der Instrumentmitte aus die Entfernungen s nach allen Lattenpunkten sorgfältig mehrfach mit Messlatten gemessen. Aus dem Mittel aller Messungen und Ablesungen werden dann für alle Entfernungen die Quotienten $(s - a) : L$ berechnet, deren Mittel wieder die Konstante k ergibt. Die gemeinsame Bestimmung von a und k durch Ableitung beider Unbekannten aus mehreren Gleichungen, wobei die Methode der kleinsten Quadrate die besten Ergebnisse liefert (Beispiele s. [6]) ist weniger empfehlenswert. Die Genauigkeit der Distanzmessung hängt im wesentlichen von der scharfen Ermittelung der Konstanten k ab, ferner von der optischen Leistung des Fernrohrs (25—35fache Vergrösserung geeignet) und von der Teilung und Aufstellung der Distanzlatte.

Der Gebrauch des Instrumentes ergibt sich nach der Erklärung der Konstantenbestimmung von selbst. Hierbei wie in 2. und 3. war vorausgesetzt, dass die Latte rechtwinkelig zur Mittelvisur steht (p parallel L). Bei geneigten Ziellinien müsste daher die Latte rechtwinkelig zur Ziellinie und nicht lotrecht gestellt werden, wodurch dann die geneigte Entfernung D (Fig. 3) erhalten würde. Da aber die lotrechte Aufstellung der Latte sicherer und leichter zu erzielen ist, so ist aus dem lotrechten Lattenabschnitt L der rechtwinkelig zur Mittelvisur stehende L_1 zu berechnen, was genügend genau geschehen kann nach $L_1 = L \cos \alpha = L \sin z$ ($\alpha =$ Höhenwinkel, $z =$ Zenithdistanz der Mittelvisur am Höhenkreis des Theodoliten oder Tachymeters abzulesen). Damit ist $D = L_1 k + a$, und hieraus die geodätisch gebrauchte horizontale Entfernung $S = D \cos \alpha = L k \cos^2 \alpha + a \cos \alpha$. Die horizontale Lagerung der Distanzlatte bei vertikalen Distanzfäden ist wegen der schwierigen Aufstellung für den Feldgebrauch nicht geeignet (Gouliers Euthymeter [3] S. 417). Weiteres über den Gebrauch, die Reduktion der geneigten Ziellinie, Einfluss der Lattenschiefe [14], s. Tachymeter und Tachymetrie.

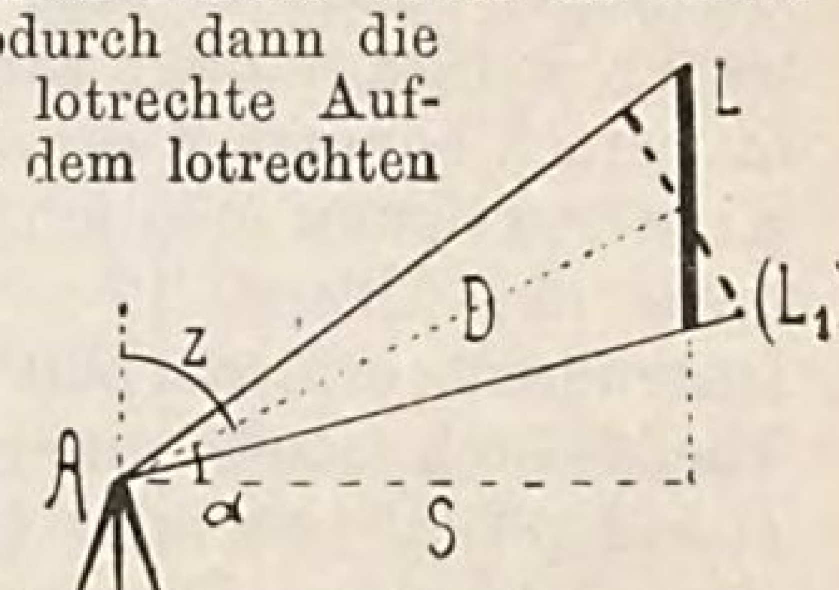


Fig. 3.

Okularmikrometer-Distanzmesser.

Wird das Bild p einer konstanten Distanzbasis L durch Schraubenmikrometer gemessen und durch die Anzahl σ der Umdrehungen der Schraube mit der Ganghöhe g ausgedrückt, so ergibt sich für den Faktor $f : p$ der Gleichungen 2. und 3 $f : g\sigma$ und das Glied $f L : p = f L : g \sigma = k : \sigma$, worin k die entsprechende Instrumentkonstante bedeutet, die aus besonderen Messungen zu bestimmen ist, wie oben. Durch Einstellen auf konstante Schraubenwerte σ und Ablesen von L an der Distanzlatte wird die Beziehung zurückgeführt auf die des Okularfaden-Distanzmessers. Die erstere Verwendung ist in theoretischer Beziehung dem Okularfaden-Distanzmesser überlegen, in praktischer Hinsicht ist die Verwendung des letzteren einfacher.

Abgesehen von dem anscheinend wenig in Gebrauch gekommenen Meyersteinischen Distanzmesser [5] S. 379, 591, ist das Prinzip neuerdings benützt bei den Tachymetern nach Tichy Starke [15]. Hierbei ist die Schraubenmessung in sehr zweckmässiger Weise in Verbindung mit einer logarithmischen Teilung der Distanzlatte angeordnet. Die distanzmessende

Vorrichtung besteht aus einem annalatischen (Porro'schen) Fernrohr und Okularschraubenmikrometer mit einem festen und einem beweglichen (Mikrometer) -Faden. Bei dieser Einrichtung ermöglicht das Instrument in Verbindung mit der Distanzlatte die Bestimmung der Entfernung in dreierlei Weise: 1. bei Einstellung des beweglichen Fadens auf eine bestimmte Schraubenstellung wie beim Fadendistanzmesser; 2. durch Einstellen des festen und beweglichen Fadens auf feste Lattenmarken (L konstant, z. B. 2 m); 3. durch Benützung der logarithmischen Teilung der Distanzlatte bei Einstellung des festen Fadens auf die Nullmarke der Teilung und des beweglichen Fadens (Stellung nahe $K = 100$) auf die nächste Teilmarke die Ablesung des Logarithmus der Distanz log $(100\,L)$ auf zwei Dezimalstellen unmittelbar an der Lattenteilung und von zwei weiteren Stellen an einer am Mikrometer · angebrachten besonderen Teilung. Näheres [15]. Von Strichmikrometern wird für untergeordnete Bestimmungen zuweilen Gebrauch gemacht, z. B. Ropsini [5] S. 595.

Besondere Methoden der optischen Distanzmessung. Zu den optischen Distanzmessern sind auch die auf Verwendung der Doppelbildmikrometer (Bd. 3, S. 355) beruhenden Konstruktionen zu rechnen.

Wird die Objektivlinse eines Fernrohrs durchschnitten und nach Einstellung eines Zielpunktes eine Hälfte verschoben (Fig. 4), so erleidet durch diese Verschiebung auch das Bild des Punktes eine entsprechende Verschiebung. Wird eine bestimmte Grösse L durch ein so eingerichtetes Fernrohr betrachtet und ihre Endpunkte zur Deckung gebracht, so dass das eine Bild die Verlängerung des andern ist, so ist die mit einer Mikrometerschraube zu messende Verschiebung der Linsenhälften eine Funktion der Entfernung. Das Prinzip (von Dollond 1753 angegeben, [16]) findet Verwendung bei den Distanzmessern von Schaub (Hand-Heliometer) oder Rogers Mikrometer-Fernrohr, besonders zu nautischen Abstandsbestimmungen, wo L z. B. = Masthöhe ist [17], sowie als Militärdistanzmesser [18].

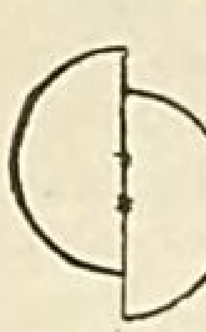


Fig. 4.

Auch ein von Rochon 1777 angegebenes Doppelbildmikrometer [16b] hat Verwendung gefunden, wobei die durch die doppelte Brechung bei Kristallen entstehende Ablenkung zwischen dem ordinären und extraordinären Strahl benützt wird. Ein Doppelprisma aus Bergkristall wird zwischen Objektiv und Okular eines Fernrohrs eingeschaltet und in der Richtung der Axe so verschoben, dass das ordinäre und extraordinäre Bild eines Gegenstandes L sich berührend verlängern. Aus der mikrometrisch zu messenden Verschiebung des Prismas kann auf die Entfernung geschlossen werden, [5] S. 599, [17] und [19].

Hier mögen auch erwähnt werden die Bildweiten-Distanzmesser (ohne L), welche aus der mikrometrischen Messung der Bildweite d bei scharfer Einstellung eines Gegenstandes durch das Fernrohr, die Gegenstandweite $D = fd : (d - f)$ ableiten [20]. Wegen der geringen Aenderung von d bei grossen Zielweiten versagt die Methode bei Fernrohren mit Brennweiten von einigen dm schon von etwa 100 m ab. Durch Einschaltung von Kollektiv-Linsen und mikrometrischer Messung des Abstandes derselben bei scharfer Einstellung des Bildes von der Stellung ohne Kollektiv auf ∞, ergibt sich eine etwas genauere Bestimmungsmethode, welche bei den Distanzmessern von Ersmann und Merz [21] benützt ist.

2. Distanzmesser mit Winkelbewegung des Zielfernrohrs. Wird der distanzmessende Winkel π durch eine Winkelbewegung des Zielfernrohrs um die Axe A (Fig. 1), also durch zwei auf einander folgende Zielungen nach O und U, gebildet, so kann wieder π bezw. p, d und L entweder konstant oder variabel sein und die distanzmessenden Elemente können in verschiedener Weise eingeführt werden; dementsprechend sind mannigfache Konstruktionen möglich. Zunächst lässt sich π mit dem Horizontal- oder Vertikalkreis des Theodoliten bestimmen, so dass kein besonderes distanzmessendes Instrument erforderlich ist; z. B. kann π (Fig. 1) mit dem Horizontalkreis eines Theodoliten nach einer horizontalen Distanzbasis L gemessen werden, wobei $D = L\varrho'' : \pi''$ ist oder (Fig. 5) mit dem Vertikalkreis eines Theodoliten nach einer lotrechten Distanzbasis die Höhenwinkel α und β, wobei die horizontale Distanz $S = L \cos\alpha \cos\beta : \sin(\beta - \alpha)$ ist. In erster Linie kommt aber zur Herstellung und Messung der Fernrohrbewegung die Messschraube (als distanzmessende Schraube) in Betracht und zwar allein oder mit Hinzuziehung von Skalen und Hebelbewegung, wobei dann auch π bezw. p durch feste Anschlagpunkte begrenzt, ihnen also ein konstanter Wert erteilt werden kann. Je nach der Anordnung kann man diese Instrumente als Schrauben-, Hebel- oder Kontakt-Distanzmesser bezeichnen. Von besonderer Bedeutung für diese Methode der Distanzmessung ist die Tangentenschraube. Die Distanzlatte wird in der Regel in lotrechter Stellung verwendet, die horizontale kommt wegen der Schwierigkeit der Aufstellung praktisch auch hier kaum in Betracht. Die wesentlichsten zu dieser Gruppe zu zählenden Konstruktionen sind die folgenden:

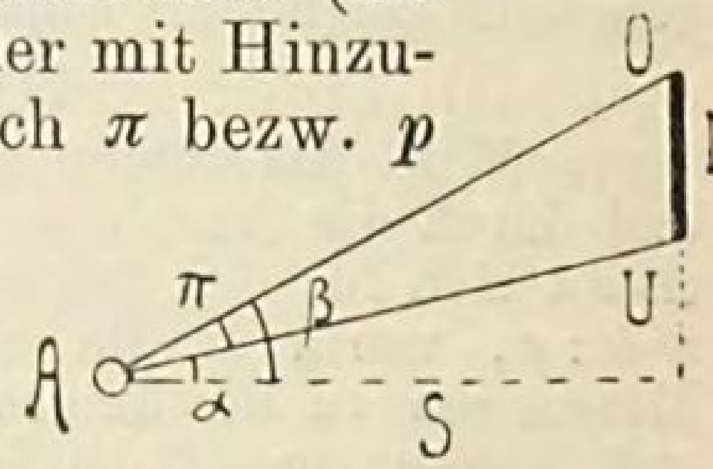


Fig. 5.

Instrumente mit distanzmessenden Schrauben. (Vorausgesetzt ist die Verwendung von lotrechten Distanzlatten; die Entfernung bezieht sich auf die Axe A; S bedeutet die horizontale Entfernung.) a. Die Schraube steht lotrecht und wirkt als Tangentenschraube.

Nach Fig. 6 ist $S = Ld : p$. Wird p in Schraubenumdrehungen σ ausgedrückt, $p = g\,\sigma$ (g = Ganghöhe), so ist $S = k : \sigma$, und wenn die Schraubenbewegung konstant und L variabel ist, $S = kL$. Hierin bedeuten k entsprechende Konstanten, welche für jedes Instrument zu bestimmen und durch passende Grössen für d und g zu möglichst bequemen, runden Zahlen zu machen sind. Diese Anordnung der Tangentenschraube als distanzmessende Schraube wurde, soweit bekannt, zuerst von Hogrewe [22] an Nivellirinstrumenten verwendet (später von Breithaupt am Kompensations-Niveau [23], vergl. auch [24]), während

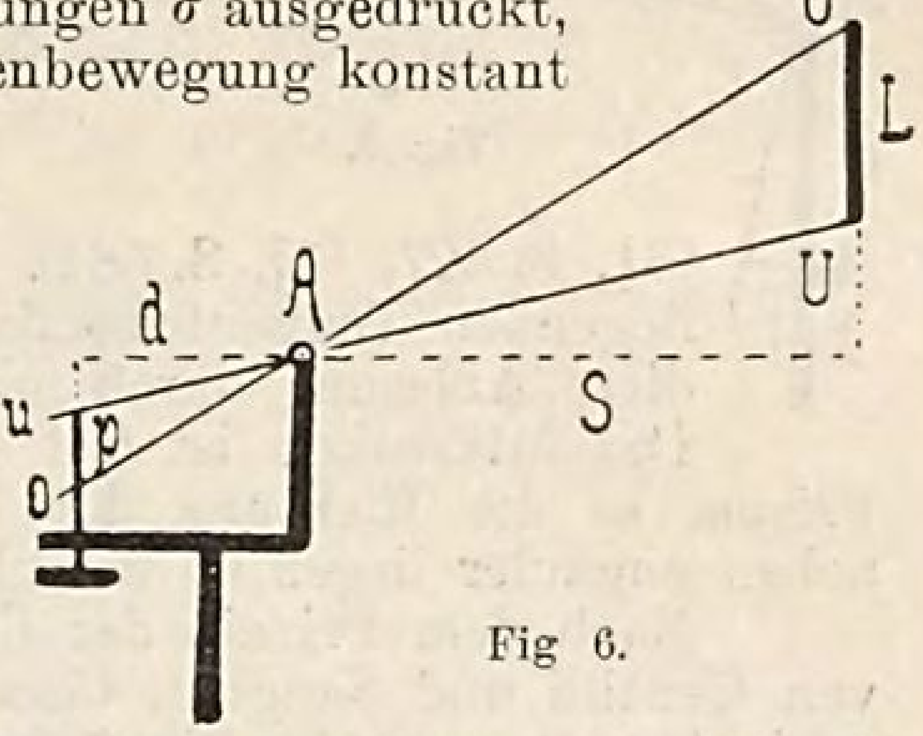


Fig 6.

b. eine annähernd lotrechte Schraube als Sehnenschraube von Stampfer 1838 [9] (s. auch den Art. Nivellirinstrumente) eingeführt wurde. Die Schraube ist durch Kugelgelenke mit den zu bewegenden Teilen verbunden, ändert demnach bei der Umdrehung um ein geringes ihre Stellung und bestimmt die Sehnenunterschiede der Winkel π.

Dementsprechend ist die Beziehung zwischen der Schraubenangabe, dem Winkel π bezw. der Distanz D nicht so einfach wie bei der Tangentenschraube, so dass für den praktischen Gebrauch an Stelle der theoretisch etwas komplizirten Beziehung eine bequeme Interpolationsformel mit wenigen Gliedern in der Form $\pi'' = a''\,(o - u) - b''\,(o^2 - u^2)$ tritt, deren Konstanten a und b (z. B. $a'' = 640''$, $b'' = 0{,}1''$) durch besondere Beobachtungen [7], S. 529, empirisch zu bestimmen sind. Durch Einsetzen dieser Winkelgleichung ergibt sich die Distanzgleichung $D = \frac{L}{a'\,(o-u)} + L\left[-\frac{b'}{a'^2}\cdot\frac{o+u}{o-u} - a'\,\frac{(h-u)^2}{o-u} + a'\,(h-u)\right]$, worin a' und b' die Konstanten des Instrumentes, h die Nullstellung der Schraube (horizontale Visur) bedeuten. Tritt, wie Lorber [7], S. 581, empfiehlt, an Stelle des konstanten (durch Zielscheiben bestimmten) Lattenwertes L, ein an einer geteilten Latte abzulesendes variables L bei konstantem Schraubenwert $(o - u)$, so wird dadurch die Berechnung erheblich vereinfacht.

c. Die Schraube liegt horizontal und wirkt als Tangentenschraube (Fig. 7, Ah ist lotrecht, wenn AH horizontal).

Es ist $S = L\,d : p$. Wird p in Schraubenumdrehungen σ ausgedrückt und ist L konstant, so ist wieder $S = k : \sigma$; wird durch die Schraubenstellungen ein konstantes p eingeführt, so ist $S = kL$, worin k wieder entsprechend (bequem) anzuordnende und für jedes Instrument zu bestimmende Konstanten bedeuten. (Dieses Prinzip findet z. B. Verwendung bei Dechers Nivellirinstrument [25].)

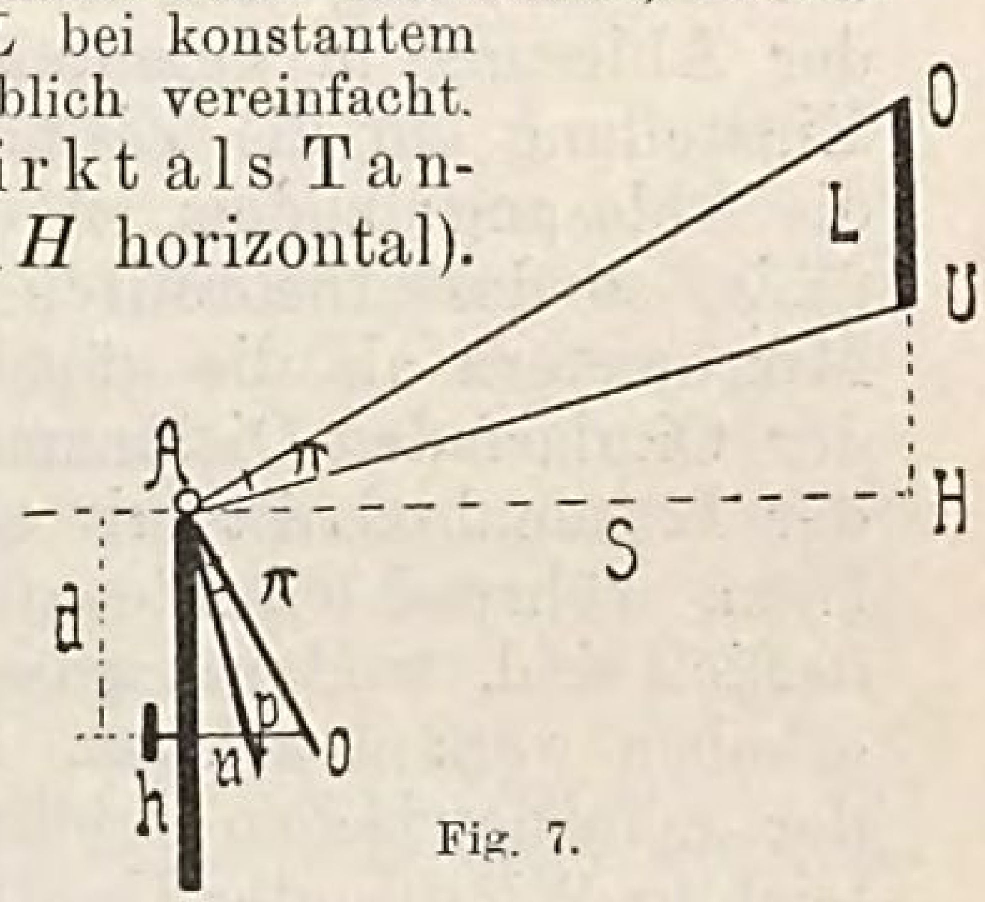


Fig. 7.

Da die bei a, b und c erforderlichen Schraubenbewegungen, besonders bei feinen Schrauben und vielen Gängen umständlich und zeitraubend sind (Aenderungen der Lattenstellung in dieser Zeit u. s. w.) und nur einen geringen Spielraum gestatten, daher nur für geringe Neigungen, z. B. an Nivellirinstrumenten sich brauchbar erweisen, so wird das Prinzip praktischer ausgenützt, wenn die reine Schraubenbewegung auf den mikrometrischen Winkel π beschränkt und eine kombinirte Messungsmethode eingeführt oder auch das Schraubenmikrometer durch andere Mikrometer ersetzt wird.

Hier sind zu nennen als Instrumente mit lotrecht stehendem p wie in Fig. 6: Hahns Universal-, Höhen- und Distanz-Instrument (Bende'sche Konstruktion); die bis zu 45° Neigung ausreichende Schraube wurde später durch eine prismatische Röhre mit Schlitten, Millimeterteilung und Ablesung durch ein Schraubenmikroskop ersetzt [26]; Gordians Nivellirinstrument: p wird an einem lotrechten Schlitten mit Teilung und Nonius gemessen [5], S. 458, [27]; Hagers Tacheograph (Fig. 8). Durch einen lotrechten Schlitten mit Stellschraube kann je nach der Lage von L (ohne eine Bewegung der Distanzschraube p) die Ziellinie AO auf L eingestellt

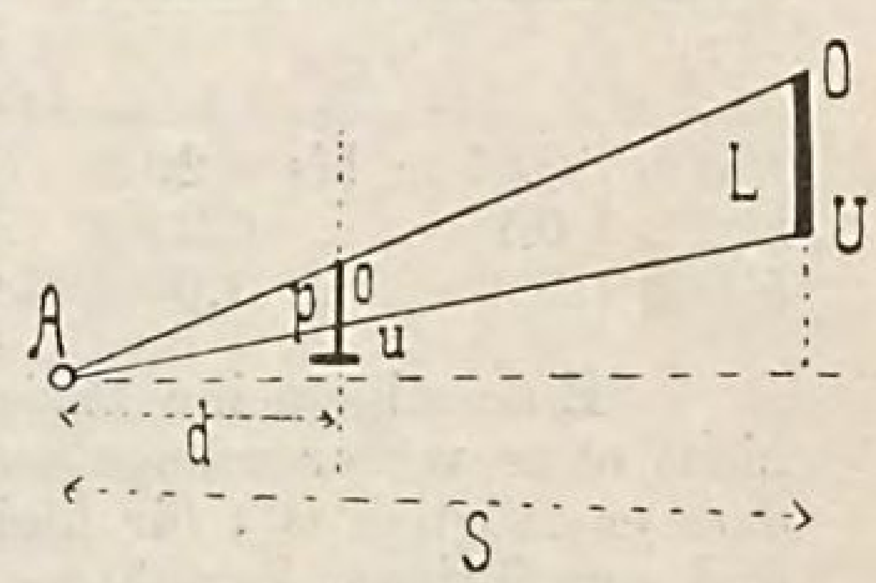


Fig. 8

und dann durch Bewegung der Distanzschraube um ein konstantes Stück p, die Ziellinie AU gewonnen werden, so dass $S = L\,d : p = kL$ (k = eine bequeme Konstante, 100), [28]; Meissners Universal-Tangenten-Tachymeter nach dem Prinzip von Fig. 6, wobei die Bewegung der Tangentenschraube durch Vermittelung eines Hebels auf die Ziellinie wirkt (vergl. auch [29]).

Die horizontale Tangentenschraube, nach dem Prinzip von Fig. 7, für die Fernrohrkippung des Theodoliten als Distanzschraube zu verwenden, ist nach Hogrewes und Stampfers Vorgang [30] mit der lotrechten Schraube besonders in Amerika in Gebrauch gekommen und

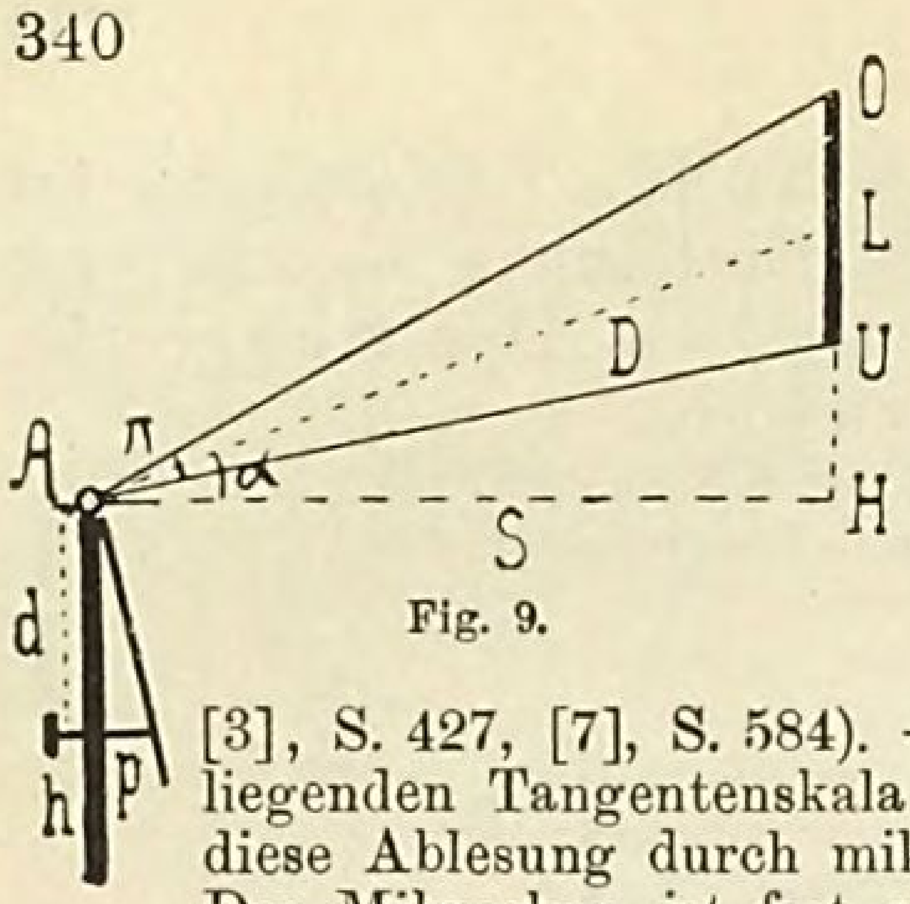


Fig. 9.

neuerdings nach Vogler [31] auch in Deutschland eingeführt. Es wird (Fig. 9) z. B. *AU* eingestellt, mit der Tangentenkippschraube ein konstantes p (z. B. zwei Umdrehungen) hergestellt und L an einer geteilten Latte abgelesen oder zu konstantem L der Schraubenwert p ermittelt. Wird der Höhenwinkel α zur Mitte von L gemessen, so ist $S = Ld \cos^2\alpha : p$. Wird der Höhenkreis statt mit Kreisteilung mit einer Tangentenskala versehen, so kann dadurch die Beziehung umgestaltet, z. B. $d \cos^2\alpha : p$ konstant werden (vergl. auch [3], S. 427, [7], S. 584). — Bei Eckholds Omnimeter [32] wird p an einer horizontal liegenden Tangentenskala mit Hilfe eines Mikroskopes *Ao — Au* (Fig. 7) abgelesen, wobei diese Ablesung durch mikrometrische Verschiebung der Tangentenskala verfeinert wird. Das Mikroskop ist fest mit dem Fernrohr verbunden, seine Absehlinie wird durch ein Prisma in die Richtung der Fernrohraxe gebracht, so dass Fernrohr- und Mikroskopokular neben einander liegen; p und L können konstant oder variabel eingeführt werden.

Nach dem Prinzip der Kontakt- oder Hebeldistanzmesser sind konstruirt die Instrumente von Gentilli und Sanguet, Coradi, Löwe [33]. Bei Sanguet [6], S. 594, und [31], S. 151, wird nach dem Prinzip der Fig. 7 *hu* an einer Skala abgelesen, p durch ein Führungsstück, welches die Hebelstellungen *Ao — Au* bestimmt, konstant gemacht; damit wird L variabel und an einer Latte abgelesen. Bei Coradi und Löwe [33] ist der konstante Hebelwinkel *oAu* ein zu bestimmendes Vielfaches n von *OAu*, so dass also (bei horizontaler Zielung) $D = Lnd : p$ ist.

Weiteres über die Anordnung der distanzmessenden Vorrichtungen bei den verschiedenen Instrumenten s. die Art. Tachymeter, Tachygraph und Nivellirtachymeter.

Genauigkeit und praktische Bedeutung der unter I. besprochenen Distanzmesser. Die aufgezählten Instrumente: Okularfaden, Okularmikrometer, Messschrauben und Tangentenmikrometer sind in Bezug auf die Genauigkeit der Entfernungsbestimmung im allgemeinen als einander gleichwertig zu bezeichnen. Nach der einfachen Beziehung $D = kL$ wird, abgesehen vom Fehler der Konstanten k, der Entfernungsfehler zunächst durch den numerischen Wert von k bestimmt; je kleiner k, je günstiger. Die Genauigkeit der Bestimmung des Lattenwertes L hängt bei veränderlichem L vom Fehler der Ablesung in geteilten Skalen ab [34], bei konstantem L vom Fehler der Einstellung auf die Zielmarken. Diese letztere ist im allgemeinen genauer als die Ablesung; zudem ist die Schraubenmessung an sich einer hohen Genauigkeit fähig, so dass theoretisch die Einstellung auf feste Zielmarken und Ablesung an Mikrometern als die günstigste Methode zu bezeichnen wäre. Praktisch aber hat der Okularfaden-Distanzmesser vor allen anderen den bedeutenden Vorzug, dass der Lattenabschnitt mit einer einzigen Zielung überblickt und bestimmt werden kann, während bei allen übrigen Konstruktionen zwei getrennte Zielungen erforderlich sind, wodurch grössere Ansprüche an die Festigkeit der Lattenaufstellung erhoben werden müssen. Die letztere macht bei den wechselnden Verhältnissen der tachymetrischen Feldarbeit selbst bei günstigen Witterungsverhältnissen (z. B. leichter Wind) unter Umständen Schwierigkeiten. Dieser Vorzug und die einfache und billige Anordnung der distanzmessenden Vorrichtung (das Einspannen von zwei Distanzfäden in ein Messfernrohr kostet ca. 10 *M.*) bedingen die grosse Verbreitung des Okularfaden-Distanzmessers im Vergleich zu anderen Konstruktionen.

Die zahlreichen für die verschiedensten Instrumente angestellten Genauigkeitsermittelungen (wegen der Litteratur hierzu sei verwiesen auf die umfassenden Angaben in [6]—[8]) lassen sich etwa durch nebenstehende kleine Tabelle ausdrücken, worin für günstige Verhältnisse die untere und obere Grenze der mittleren Entfernungsfehler m_D angegeben ist. Abgesehen vom Fehler der Distanzlatte, kommt beim Okularfaden-Distanzmesser neben dem Betrag der Konstanten k besonders die optische Güte des Fernrohrs (Okular) in Betracht, bei den anderen Konstruktionen die Leistung der Schrauben und sonstigen Mikrometer.

D	m_D
100 m	0,05 m bis 0,20 m
200 „	0,1 „ „ 0,3 „
500 „	0,5 „ „ 1,0 „

Eine allgemeine Beziehung für den Fehler und sein Wachsen mit der Distanz lässt sich nicht ohne weiteres angeben. Aus der Tabelle (und den zahlreichen Versuchen) geht hervor, dass es möglich ist, für kleine Entfernungen bei günstigen Verhältnissen, guten Instrumenten und sorgfältigem Verfahren die Genauigkeit der Distanzmessung bis zu derjenigen einer mässig genauen unmittelbaren Messung mit Längenmess-Instrumenten (z. B. Messband) zu steigern. Damit erklären sich die Versuche, durch die Distanzmessung die unmittelbare Längenmessung zu ersetzen. Dahin streben z. B. besonders die Instrumente Tichy-Starke und Löwe, welche die Streckenmessung im Polygonnetz (s. d.) durch Distanzmessung ersetzen sollen. Diese Versuche stehen aber in Widerspruch mit der Bedeutung des Polygonnetzes als Grundlage für die Linien- und Stückmessung bei Spezialaufnahmen (s. Polygonnetz und Stückvermessung). Die grosse technische Bedeutung der Distanzmessung liegt auf dem Gebiete der sogenannten Tachymetrie.

II. Distanzmesser mit Basisschiene (Basislineal).

Das Instrument ist Träger der Basis und misst den parallaktischen Winkel π. Die Anordnung kann verschieden sein. 1. Basis L konstant. Am Ende der fest (in der Regel horizontal) aufgestellten Basis L (Fig. 10) werden die Ziellinien $F_1 P$ und $F_2 P$ durch Fernrohre F_1 und F_2 gebildet, deren Absehlinien in der Nullstellung parallel sind, so dass der parallaktische Winkel π, bei F_2 gemessen, für die Entfernung die Beziehung $D = L\varrho'' : \pi''$ ergibt. Die Messung von π kann erfolgen an einem geteilten Kreisbogen oder besser mikrometrisch mit Okularmikrometer (z. B. Roskiewicz [35] oder nach dem Prinzip der Tangentenschraube (mit den Elementen p und d) oder wie beim Distanzmesser von Cerebotani [36] durch ein besonderes Hebelwerk. Das Prinzip dieser Instrumente ist schon lange bekannt, wie der Distanzmesser von Pacecco ob Ucedos [11], S. 322, beweist (vergl. auch [37] und [6], S. 596).

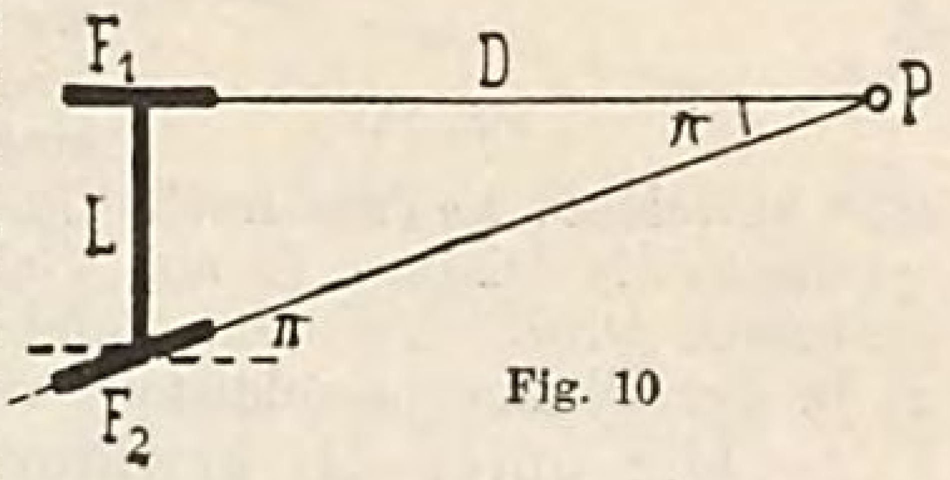


Fig. 10

2. Parallaxe konstant; Basis variabel. Eine Basisschiene (Fig. 10) trägt ein festes Fernrohr F_1 und auf einem Schlitten ein Schiebefernrohr F_2, dessen Absehlinie eine stets konstante Neigung π zur Absehlinie des festen Fernrohrs F_1 hat. Nach Einstellung von F_1 wird durch Verschieben F_2 auf P eingestellt und D nach $D = L\varrho : \pi$ unmittelbar an der Teilung der Schiene abgelesen, z. B. [38]. Bedingung für beide Instrumentgattungen ist unbedingt feste Aufstellung oder gleichzeitige Visur durch zwei Beobachter. Dies wird günstiger durch 3. Reflexionsdistanzmesser, beruhend auf dem Prinzip des Spiegelsextanten, wodurch die beiden Zielungen zu einer einzigen zusammengefasst werden (Fig. 11).

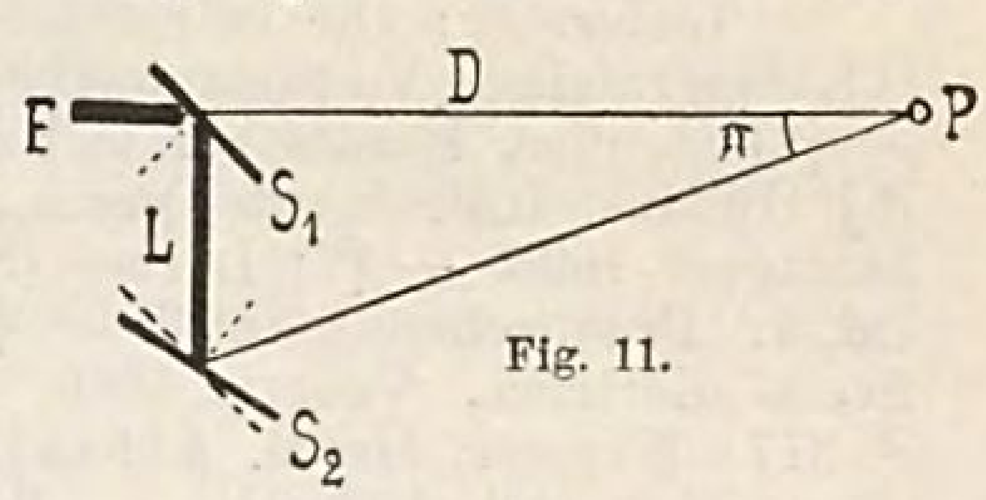


Fig. 11.

F ist ein Fernrohr, S_1 und S_2 zwei an der Distanzbasis angebrachte Spiegel, S_1 ist fest, S_2 beweglich und, wenn P unendlich weit entfernt ist, parallel zu S_1. Wird P mit F eingestellt und deckt sich dann das Bild des Strahles PS_2S_1F mit dem direkt gesehenen, was durch Drehung von S_2 erreicht wird, so ist nach dem Prinzip des Spiegelsextanten der zu messende Drehwinkel des Spiegels $S_2 = \pi : 2$. Der Drehwinkel kann mit Hilfe einer Alhidade wie beim Spiegelsextanten oder mikrometrisch mit Hilfe einer Schraube gemessen werden. Das dem Spiegelsextanten entlehnte Reflexionsprinzip ist für die Distanzmessung anscheinend zuerst von Fallon [39], später von Klinkerfuess, Le Cyre, Chriestie [40] und anderen verwertet worden.

Nach den angedeuteten Prinzipien sind schon seit einem Jahrhundert eine grosse Anzahl von Instrumenten mit Basislineal konstruirt worden (vergl. die angegebene Litteratur), und alljährlich werden neue Versuche (vergl. die Zeitschr. f. Instr., für Verm. und andere technische Fachzeitschriften) unternommen. Dabei lassen die teilweise sehr weitgehenden Hoffnungen, welche die „Erfinder" in die praktische Bedeutung und Leistung ihrer Instrumente setzen, Enttäuschungen nicht vermeiden. — Aus $D = L\varrho'' : \pi''$ folgt, dass, wenn L fehlerfrei ist, der mittlere zu fürchtende, vom Fehler m_π des parallaktischen Winkels π herrührende, Distanzfehler ist: $m_D = D^2 m_\pi'' : L\varrho''$. Es ist möglich unter günstigen Verhältnissen (gute Beleuchtung, kein Flimmern) bei scharf bezeichneten Zielpunkten, bei absolut fest aufgestelltem (unveränderlichem, von der Temperatur nicht beeinflusstem etc.) Instrument, die Messungsgenauigkeit für einen Winkel wie π bei der Verwendung guter Fernrohre und geeigneter Mikrometer innerhalb 1" (a. T.) zu halten (Zielfehler und Mikrometerfehler). Diese Grenze ist aber nicht innezuhalten, sobald die Ziele nicht absolut scharf bezeichnet sind, wie es bei der praktischen Verwendung derartiger Instrumente sehr häufig (vielleicht immer) der Fall ist (ganz abgesehen von sich bewegenden Zielen) und wenn nicht die günstigsten Einstellungsbedingungen vorliegen. Die Länge der Basis an derartigen Instrumenten beträgt in der Regel 1 m bis 3 m. Nehmen wir zum Vergleich $L = 2m$, so ist der bei 1'' Winkelfehler theoretisch (nach obiger Formel) zu erwartende Fehler der in der nebenstehenden Tabelle mit m_D bezeichnete. Unter günstigen Verhältnissen, mit guten Instrumenten, bei scharfer Bezeichnung der Zielpunkte unternommene Genauigkeitsbestimmungen [35], [36] haben etwa drei bis fünfmal so grosse Fehler ergeben, als diese mit dem Maximum der Zielgenauigkeit theoretisch berechneten, so dass bei der praktischen Verwendung „mindestens" Fehler vom Betrage M zu fürchten sind. Das trifft aber auch nur zu für grosse Instrumente (Basis 2 m), welche entsprechend stabil gebaut sein müssen, daher sich weniger für bequemen Transport, sondern mehr als Stationsinstrumente (z. B. für Küstenbatterien) eignen.

D	m_D	M
500 m	0,6 m	2 m
1 000 „	2,4 „	7 „
5 000 „	60 „	200 „
10 000 „	240 „	700 „

Die Instrumente der Gruppen I. und II., d. h. „mit Distanzlatte“ und „ohne Distanzlatte“ (aber mit Instrumentbasis) sind daher in Bezug auf die Genauigkeit der Entfernungsbestimmung bei derselben Länge von L und D (also bei kleinen Entfernungen bis etwa 500 m) annähernd einander gleichwertig; die Instrumente der Gruppe II. sind aber für geodätische Feldarbeiten unbrauchbar. Ihre Anwendung ist auf vereinzelte Fälle beschränkt; der Genauigkeit ihrer Bestimmungen ist durch den Zielfehler eine nicht zu überschreitende Grenze gesteckt. — Zu den vorstehenden Instrumenten können auch die auf demselben Prinzip beruhenden gezählt werden, bei welchem die Basis vom Instrument getrennt ist und durch direkte Messung bestimmt werden muss. Hier ist zu nennen das Distanzprisma von Bauernfeind [1], I, S. 416]. Das Prisma (s. Winkelprisma) gestattet, einen Winkel α abzustecken, der um einen geringen Betrag von 90° abweicht, so dass nach Fig. 12 ein langgestrecktes, gleichschenkeliges Dreieck entsteht, in welchem die Distanz D ein Vielfaches (z. B. 50, 100) von L ist, welches abgeschritten oder gemessen wird. Auf dem gleichen Prinzip beruhen eine Anzahl anderer Konstruktionen, wie z. B. der Winkelspiegeldistanzmesser von Borkowsky [41], Grimsehl [42] u. a. m.

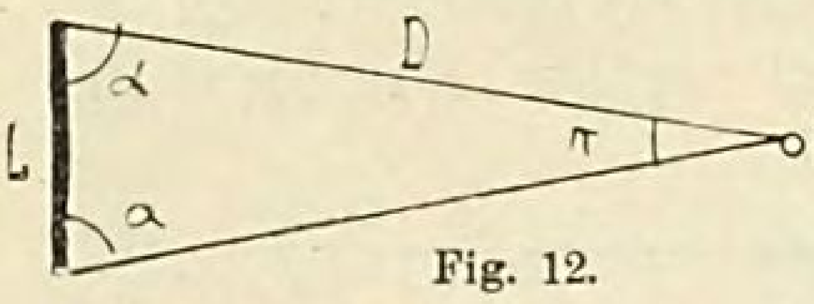


Fig. 12.

Die unter II. erwähnten Instrumente für unzugängliche Zielpunkte, sowie auch die oben bei I., 1 zu den optischen gerechneten Distanzmessern, endlich solche, welche auf der Benützung der Schallgeschwindigkeit beruhen, gewinnen praktische Bedeutung für militärische (artilleristische) Zwecke; s. hierzu den Art. Militärische Distanzmesser.

Litteratur: Die betreffenden Abschnitte in den Lehrbüchern der Vermessungskunde, z. B. [1] Bauernfeind, Vermessungskunde, Stuttgart 1890. — [2] Bohn, Landmessung, Berlin 1886. — [3] Goulier, Études sur la Tachéométrie, Paris 1892. — [4] Hartner, Wastler, Wien 1885. — [5] Hunäus, Instrumente, geom., Hannover 1864. — [6] Jordan, Handbuch der Verm., Bd. 2, Stuttgart 1893. — [7] Lorber (Stampfer) Nivelliren, Wien 1894. — [8] Vogler, Prakt. Geom., Bd. 2, Braunschweig 1894. — [9] Stampfer, Nivelliren, Wien 1845. — [10] Montanari, La livella diottrica, Venezia 1680. — [11] J. P. Mayer, prakt. Geom., 2. Teil, Göttingen 1802, S. 317; Kästner, Geom. Abhandlungen, 1. Samml., 48. Abh. — [12] Green, Description and use of an improved reflecting..., Telescope..., London 1778. — [13] Hammer, Zeitschr. f. Verm. 1889, S. 425; desgl. 1891, S. 295; Zeitschr. f. Instrumentenkunde 1892, S. 155; Schmidt, Zeitschr. f. Verm. 1893, S. 271. — [14] Lorber, Zeitschr. f. Instrum. 1886, S. 365. — [15] Tachymeter, Tichy-Starke, Wochenblatt des österr. Ingen.- u. Archit.-Vereins, Bd. 3, S. 44, 46; Schell, Die Methoden der Tachym. bei Anwendung eines Okular-Schraubenmessers, Wien 1883; G. Starke, logarithm.-tachym. Tafeln für den Tachymeter Tichy-Starke, Wien 1885. — [16] Dollond, Description of a contrivance for measuring small angles Phil. Transa 1753; vergl. auch Wolf, Handbuch der Astronomie, Zürich 1893, Bd. 2, S. 139. — [17] Handbuch der nautischen Instrumente, Berlin 1890, S. 352. — [18] Drude, Zeitschr. f. Instrum. 1890, S. 323; Nordenfeldt, Zeitschr. f. Instrum. 1887, S. 293. — [19] Bericht über die wissensch. Apparate auf der Londoner Ausstellung 1876, Braunschweig 1878, S. 152. — [20] Zeitschr. f. Verm. 1890, S. 604. — [21] Carls Repert., Bd. 1, S. 242, 248. — [22] Hogrewe, Praktische Anleitung zum Nivelliren oder Wasserwägen, Hannover 1800. — [23] Dinglers polyt. Journal 1859, S. 401. — [24] Bohn, Pogg. Ann. 1866, S. 238. — [25] Decher, Neues Nivellirinstrument, München 1890. — [26] Zeitschr. f. Verm. 1875, S. 285, 362. — [27] Breithaupt, Zeitschr. f. Instrum. 1894, S. 250. — [28] Hammer, Zeitschr. f. Instrum. 1894, S. 103, 242. — [29] Doergens, Zentralbl. der Bauverwaltung 1893, S. 152. — [30] Buff u. Berger, Handbook and illustr. Catalogue, Boston, Mass. 1889, S. 7. — [31] Vogler, Zeitschr. f. Verm. 1891, S. 145. — [32] Hammer, Zeitschr. f. Instrum. 1895, S. 233. — [33] Gentilli, Zeitschr. des österr. Ingen.- u. Archit.-Vereins 1868, Heft 2, 1869, Heft 4; Löwe, Zeitschr. f. Verm. 1895, S. 289; Brönnimann, Zeitschr. f. Verm. 1895, S. 563. — [34] Reinhertz, Ablesungsgenauigkeit an Massstäben, Nova acta, Bd. 62, Nr. 2, und Zeitschr. f. Verm. 1894, S. 593. — [35] Schell, Carls Repert. 1878, S. 455. — [36] Börsch, Zeitschr. f. Instrum. 1886, S. 77. — [37] Zeitschr. f. Verm. 1889, S. 473. — [38] Zeitschr. f. Instrum. 1883, S. 297. — [39] Zach, Monatl. Correspondenz 1802, Bd. 6, S. 246, und Jordan, Zeitschr. f. Verm. 1887, S. 217. — [40] Zeischr. f. Instrum., Bd. 1, S. 308, 411; Bd. 4, S. 72; Bd. 8, S. 333. — [41] Ebd. 1883, S. 113. — [42] Ebd. 1888, S. 258.

Reinhertz.

Distanzpfahl (Distanzzeichen), s. Sperrzeichen.

Distanzprisma, s. Distanzmesser.

Disthen, Cyanit, Rhätizit, Saphirspat, blauer Schörl, ein Mineral, kieselsaure Thonerde = $Al_2O_3SiO_2$ (36,90% SiO_2, 63,10 Al_2O_3) kristallisirt triklin in langprismatisch ausgebildeten Kristallen; glas- und auf den verschiedenen Flächen perlmutterglänzend, durchsichtig bis durchscheinend, farblos bis blau (Berlinerblau) und blaugrün, seltener grau, gelb oder rot, zuweilen gestreift oder gefleckt, meist sehr rein; ziemlich vollkommen spaltbar; spröd, lange Kristalle in der Richtung der Prismenkante etwas biegsam. Die Härte wechselt auf den breiten Seitenflächen des Prismas der Länge desselben nach 4,5, der Quere nach 7. Spez. Gew. 3,48—3,68. Der Disthen wird von Säuren nicht angegriffen und gilt bis jetzt als unschmelzbar. Vorwiegend im Glimmer- und Thonschiefer eingewachsen (Gotthard, Schweiz, Tirol u. s. w.).

Man unterscheidet breite, stengelige Kristalle von blauer Farbe als Cyanit, schmalstengelige von grauer Farbe als Rhätizit. Dunkelblaue Cyanite wurden und werden noch (in Frankreich und Spanien) zu Ring- und Nadelsteinen, meist als Ersatz für Saphir, geschliffen (Sappar oder Sapparé der Schleifer). Der geringen Härte und starken Spaltung und dadurch bedingten Sprünge und Risse wegen hat der Cyanit wenig Anklang gefunden. Er wird mit Schmirgel auf einer Bleischeibe geschliffen, auf Holz mit Bimstein polirt und erhält mit Tripel Glanz. *Leppla.*

Ditriglyph heisst die Anordnung eines dorischen Baues dann, wenn zwischen zwei Säulen zwei Triglyphen angebracht erscheinen.

Divergenz, s. Reihen.

Dividivi, s. Gerbstoffe.

Division (Teilung), umgekehrte Operation der Multiplikation. Ist $a.b = c$, so ist umgekehrt $\frac{c}{b} = c:b = a$; dabei heisst c Dividend, b Divisor, a Quotient. Die beiden letzteren sind vertauschbar: $\frac{c}{a} = b$. Wenn aber c kein Vielfaches von b ist, so geht die Division nicht auf; es bleibt ein Rest r; es ist $\frac{c}{b} = a + \frac{r}{b}$. Abgekürzte Division heisst ein Verfahren, bei welchem von einer bestimmten Dezimale an alle folgenden abgeworfen werden. *Wölffing.*

Divisionsboot, s. Torpedoboote.

Divisorium, in der Buchdruckerei dasjenige gabelartige Instrument, mit welchem der Schriftsetzer das Manuskript auf dem Tenakel befestigt und das ihm event. als Führer beim Lesen dient.

Diwan, der Empfangsaal der türkischen oder persischen Grosswürdenträger.

Djezla, Hohlmass in Sansibar = 257,4 l.

D-Linie, des Sonnenspektrums, s. Fraunhofer'sche Linien.

Dobby (Ratière), s. v. w. Schaftmaschine, s. Weberei.

Docht, in Lichtern und Lampen baumwollenes Gespinnst, welches der Flamme das Brennmaterial zuführt. Lichtdochte sind schnurförmig, Lampendochte in der Regel band- oder röhrenförmig und locker gewebt. Unverbrennliche Dochte stellt man aus Glaswolle, Asbest, gebranntem Thon etc. her.

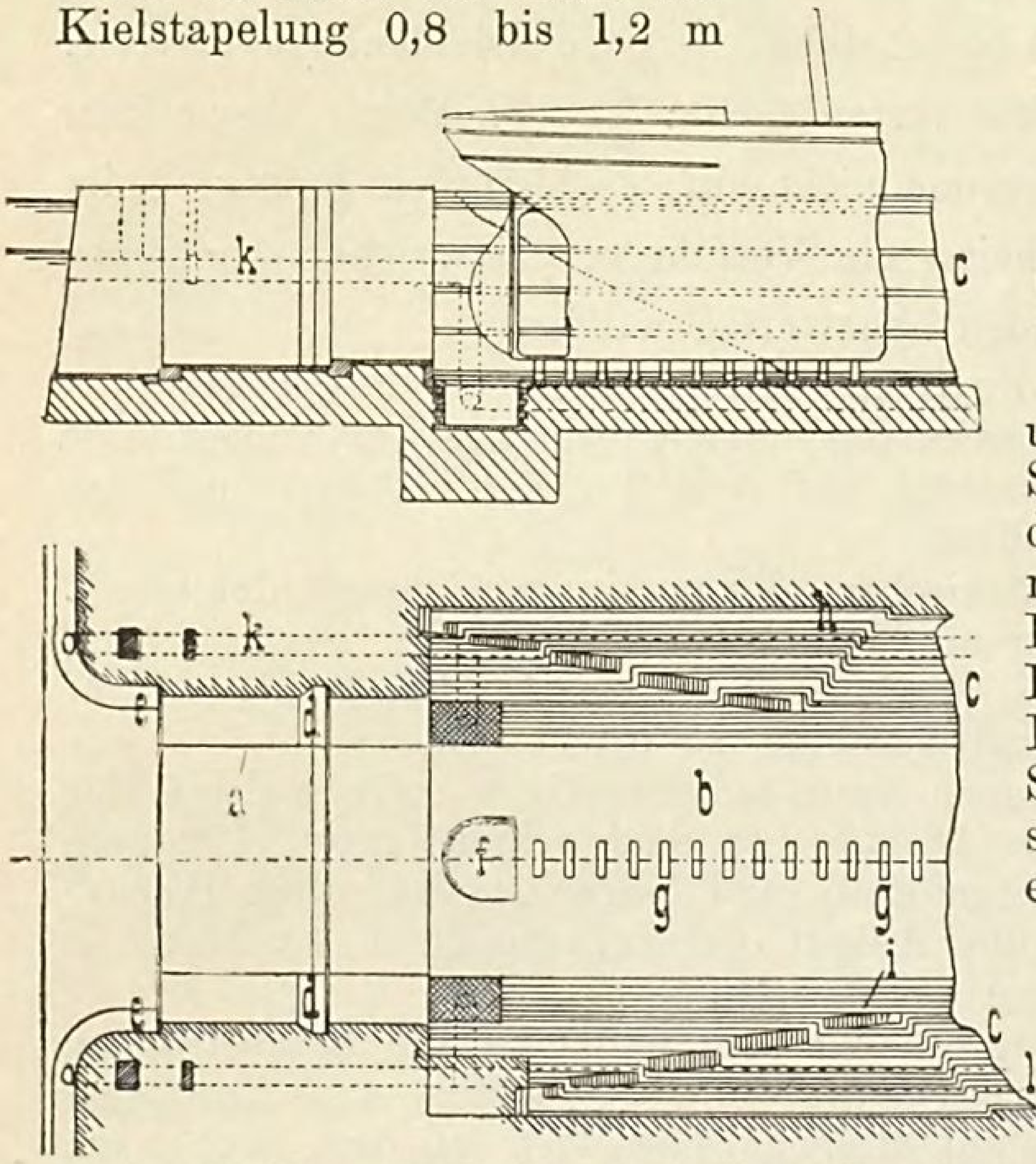
Dochtkohle, s. Bogenlampen, Bd. 2, S. 588.

Dock. Unter Docks oder Dockanlagen versteht man die Einrichtungen einer Schiffswerft, welche dazu dienen, Schiffe für Reparatur- und Anstrichsarbeiten des Schiffsrumpfes trocken zu stellen. Dieselben gliedern sich nach der Art der Konstruktion in Trockengrätings, Trockendocks, Hellinge, Schleppen oder Slips, mechanische Hebedocks und Schwimmdocks.

Die ursprünglichste und einfachste Art, einzelne Teile des Schiffsrumpfes trocken zu legen, bestand in dem Kielholen, d. h. man krängte das Schiff an sogen. Kielholplätzen durch Giens, welche am Mast einerseits und an Land oder besonderen Prähmen andererseits angeschlagen waren. Zurzeit findet diese Arbeit nur für kleinere Segelschiffe Anwendung, da die Schiffsverbände durch das Kielholen sehr leiden. Die Trockengrätings, Plattformen aus eingerammten Pfählen mit Querhölzern nach Art eines Rostes finden in Häfen mit Ebbe und Flut für kurze Dockungen Verwendung und zwar meist für kleinere Schiffe. Die Schiffe legen sich bei Hochwasser an die Dockstelle und setzen sich bei der Ebbe auf die Gräting, wobei sie durch Taue an der Kaimauer gehalten werden. Die übrigen Dockeinrichtungen dienen für längere Dockungen und haben die Trockendocks die weiteste Verbreitung gefunden, da dieselben, obwohl in der Anlage sehr kostspielig, in der Unterhaltung am billigsten sind.

Ein Trockendock ist ein Bassin mit Schleuse, welches man auspumpen und trocken legen kann, nachdem man das zu dockende Schiff in dasselbe eingefahren hat. Es besteht daher in seinen Hauptteilen aus dem Bassin, der Verschlussvorrichtung und der maschinellen Einrichtung zum Lenzpumpen des Docks. Die Abmessungen des Bassins richten sich nach den grössten zu dockenden Schiffen. Bei einer Anlage von mehreren Docks stuft man ihre Grösse ab, um die Kosten des Trockenlegens und der Unterhaltung möglichst zu verringern. Die Tiefe der Docksohle unter dem niedrigsten Wasserstand ist so anzuordnen, dass zwischen dem Kiel des grössten Schiffes im beladenen Zustande und der Kielstapelung ein Raum von 30—40 cm bleibt. Für die Länge des Docks sind die Formen der ausfallenden Steven zu berücksichtigen; auch pflegt man zum Herausnehmen des Ruders eine Vertiefung in der Docksohle vorzusehen (Fig. 1) [1], so dass die Kielstapel erst von diesem Brunnen an beginnen. Für aussergewöhnliche Fälle sucht man sich auch, wenn das Dock

durch ein Ponton geschlossen wird, dadurch zu helfen, dass man letzteres vor das Dockhaupt versetzt und so die Länge des Bassins vergrössert. — Für die Wahl des Querprofils und somit der Breite des Docks sind verschiedene Gesichtspunkte massgebend. Die Reparatur der Schiffe im Dock erfordert möglichst viel Licht und Luft nach den unteren Teilen und zwischen Schiffsrumpf und Dockwand einen Raum, in welchem man bequem arbeiten kann. Andererseits bedingen diese Ansprüche einen grossen Kubikinhalt an Mauerwerk für die Dockwände und desgleichen einen grossen Kubikinhalt zum Lenzpumpen des Docks. Auch wird das Docken bei grosser Dockbreite schwierig. Man wählt daher als Mass der Höhe der Kielstapelung 0,8 bis 1,2 m



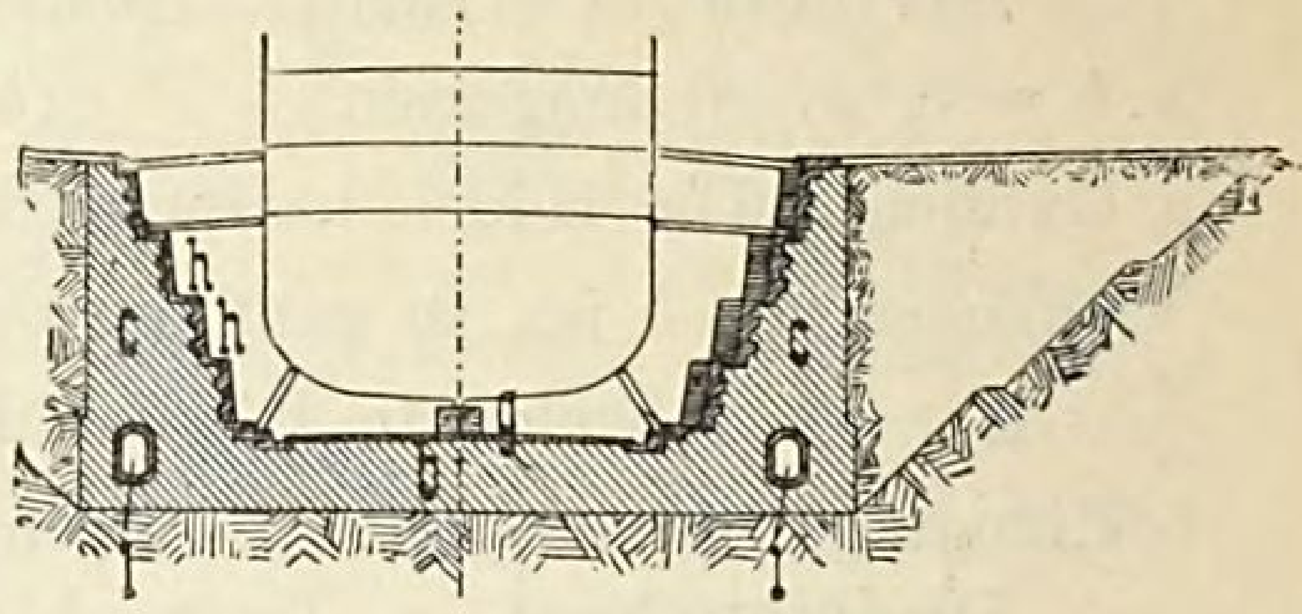


Fig. 1. *a* Dockthor. *b* Docksohle. *c* Dockseitenwände. *d* Dockfalz. *e* Anschlag für Ponton. *f* Brunnen für Heckruder. *g* Kielstapel. *h* Dockstufen. *i* Treppen. *k* Kanal zum Füllen, *l* Kanal zum Lenzen der Docks.

und als Zwischenraum zwischen Schiffswand, wenn das Schiff auf den Stapeln aufsteht und den am meisten vorspringenden Teilen der Dockwände 1,5 bis 2 m [1], [10]. Da das Schiff beim Auspumpen des Docks, sobald der Kiel sich auf die Stapelung setzt, das Bestreben hat, sich auf die Seite zu legen, so muss es in seinen oberen Teilen durch Taljen und Stützen gegen die Dockwände gehalten werden. Man setzt die Stützen in fast horizontaler Lage in Höhe der Decks, da hier der Schiffsrumpf am widerstandsfähigsten ist, und ruhen die Stützen an den seitlichen Dockwänden auf besonderen Stufen von 600—1000 mm Breite, so dass man, auf denselben stehend, die Holzkeile zum Festsetzen der Stützen antreiben kann. Müssen in einem Dock verschiedene Schiffstypen gedockt werden, so ist die Zahl dieser Stufen eine grössere. Bei den älteren Docks lag Stufe an Stufe, doch bedingt dies wiederum eine grössere obere Dockbreite, wodurch die oberen Stützen sehr lang und unhandlich werden. Man beschränkt sich daher meist auf 2—3 Stufen. An der Kante der Docksohle werden meist kleinere Stufen vorgesehen, um die Kimmstützen besser setzen zu können. — Das Profil der Docksohle wird entweder konkav ausgeführt mit einer Wasserrinne in der Mitte oder konvex mit je einer Wasserrinne zur Seite. Letztere Konstruktion bietet für die Arbeiten im Dock und für die Konstruktion der Docksohle mehr Vorteile und ist daher die gebräuchliche geworden [1]. Die Docksohle erhält meist einen Fall nach dem Dockthor zu und befinden sich dann die Schöpfbrunnen dortselbst. Die Kielstapelung erhält dann denselben Fall, da die Schiffe meist achterlastig sind und so das Aufsetzen des Kieles auf die Stapelung sich vereinfacht. Man dockt daher die Schiffe immer mit dem Heck nach dem Dockthor zu und befindet sich dann auch der Brunnen zum Herausnehmen des Ruders am Dockthor. Zur Verbindung der Docksohle mit dem Werftgebiet dienen steinerne Treppen, welche so angeordnet sind, dass die Dockstufen nicht unterbrochen werden. Zum Transport der Materialien benützt man Gleitbahnen oder Rutschen, die am besten im Tunnel zur Docksohle geführt werden; auch findet man fahrbare Kräne zur Materialbeförderung. — Die Form des Dockthores richtet sich nach der Art des Verschlusses. Bei

Verwendung von Stemmthoren sind die Dockwände vertikal und muss die Kehle so lang sein, dass die Thore, wenn geöffnet, in derselben Platz haben. Für Verschlusspontons genügt eine geringere Länge; dieselben werden in einen Falz oder eine Nute gesetzt und hängt dann das Querprofil des Dockeingangs von der Form des Pontons ab [10]. Die Breite des Eingangs ist so zu bemessen, dass für das grösste Schiff mindestens 0,5 m Spielraum auf jeder Seite bleibt. Die Kielstapel (Fig. 2) werden wegen ihrer Dauerhaftigkeit meist aus Gusseisen hergestellt mit einem eichenen Auflagestück. Bei jeder Dockung werden dann noch fichtene Bretter aufgelegt, in welche der Kiel sich eindrücken kann. Zur Entfernung der Stapelung, um eventuell unter dem Kiel des Schiffes Reparaturen vorzunehmen oder auch im Notfall havarirte Schiffe von aussergewöhnlichem Tiefgang ohne Stapelung docken zu können, besteht dieselbe aus drei Teilen, einem Fussstück, welches auf der Docksohle mit Fundamentbolzen befestigt ist, und einem Kopfstück, zwischen welchen eiserne Keile eingepasst werden [1], [2]. Zum Füllen der leeren Docks und zum Auspumpen der vollen Docks sind besondere Kanäle vorzusehen, welche einesteils von dem Hafen zur Docksohle, andernteils von der Docksohle zu dem Sammelbrunnen des Pumpwerkes führen. Sie erhalten einen so grossen Querschnitt, dass man sie befahren kann und werden dieselben durch eiserne Schleusenschieber nach dem Hafen und dem Sammelbrunnen abgeschlossen. Die Kanäle werden meist doppelt angelegt, so dass dieselben auf jeder Dockseite nahe dem Dockthore münden. Um das Füllen der Docks zu beschleunigen, sind vielfach in den Dockthoren oder Verschlusspontons Schleusen vorgesehen [1], [3], [4] (Fig. 3). Die Fundirung des Dockmauerwerks erfolgt in verschiedener Weise und ist in der Hauptsache abhängig von dem Untergrund der Baustelle.

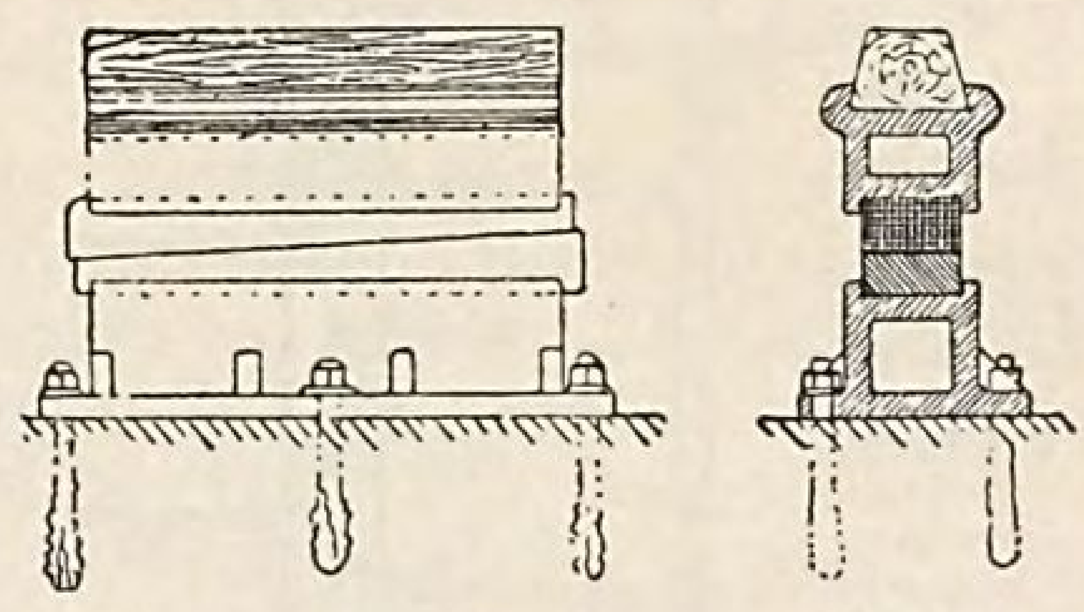


Fig. 2.

Bei felsigem undurchlässigem Untergrund wird das Dockbassin aus dem Felsen ausgebrochen und sind dann nach Entfernung der Schlammschicht für die Sohle und die Dockwände nur Bekleidungsmauern nötig. Ist der Felsen durchlässig, so muss man für den Durchtritt des Wassers Drainageröhren vorsehen. Bei lockerem, zusammendrückbarem Boden finden verschiedene Bauweisen Verwendung; man arbeitet entweder in einer trocken gelegten Baugrube [8] oder man fundirt unter Wasser. Im ersteren Fall wird das Mauerwerk entweder auf Pfahlrosten (Dock zu Havre) [1] gelagert oder man baut Senkbrunnen mit Verbindungsbögen (Dock zu Bordeaux) [1], Dock zu Glasgow [10]. Die Docksohle wird durch Betonschüttung hergestellt. Die Gründung unter Wasser wird notwendig, wenn der Baugrund so durchlässig ist, dass man die Baugrube nicht trocken halten kann. Sie hat neuerdings durch Verwendung von Pressluft grosse Fortschritte gemacht [2]. Dieselbe wurde zuerst von Hersent bei dem Bau der neuen Docks in Toulon angewendet, bei welchem jedes der beiden Docks innerhalb eines einzigen grossen, wie ein Schwimmdock konstruirten Senkkastens, dessen eisernes Gerippe im Dockmauerwerk stecken blieb, hergestellt wurde. Der Raum zwischen dem eisernen Dockboden und dem Untergrund diente als Arbeitskammer für das Ebnen des Bodens und Versenken des Kastens, wobei derselbe durch das Aufmauern der Docksohle und der Seitenwände belastet wurde. Zum Bau der beiden Trockendocks in Genua [2], [10] hat Zschokke Taucherschächte verwendet, welche nicht ständig versenkt werden, sondern nur als Fangdämme dienen, um in deren Schutz das Bauwerk ganz im Trockenen auszuführen. Für diese Bauausführung eignet sich Stampfbeton am besten, aus welchem man nicht allein die Docksohle, sondern auch die Seitenmauern ausführen kann. Auf diese Weise sind in Genua die Dockwände und der das Dock provisorisch abschliessende Damm ausgeführt; die Ausmauerung des Docks erfolgte im Trockenen.

Zum Verschluss der Trockendocks dienen Stemmthore, Verschlusspontons und Roll- oder Schiebethore. Die Stemmthore, von den Kanalschleusen entlehnt, sind schnell und leicht zu bedienen, bieten jedoch keinen zuverlässigen Verschluss, da die Flächen genau an einander passen müssen und sich leicht Schlick oder Schlamm an den Anlageflächen zwischen setzen kann; auch ist die Konservirung derselben eine schwierige. Die Thore, welche früher aus Holz mit Verwendung eiserner Beschläge angefertigt wurden, werden zurzeit nur aus Stahl gebaut. Grössere Thore erhalten eine doppelte Blechwand, zwischen welchen Träger eingebaut sind. Der Hohlraum erzeugt dann einen Auftrieb und entlastet die Thore. Um jedoch die vertikalen Bewegungen möglichst einzuschränken, werden die grossen Thore mit einem Wasserballastraum versehen, welcher in der Nähe

der Wendesäule angeordnet wird, während die Luftkammer am freien Ende des Thores zur Entlastung desselben beiträgt. Die eisernen Thore erhalten an den Anlageflächen hölzerne Anschlagleisten, welche zur besseren Dichtung mit Hanfmatten benagelt werden Neuerdings sind auch einflügelige Thore in Anwendung gekommen, welche eine bessere Dichtung geben, aber eine längere Nische in

A Ballastraum. *B* Schwimmkörper. *C* Wassertank. *D* Flutdock. *E* Aufbau. *F* Deck. *G* Schleuse. *H* Schacht in den Ballastraum. *I* Schacht in den Schwimmkörper. *K* Dockfalz.

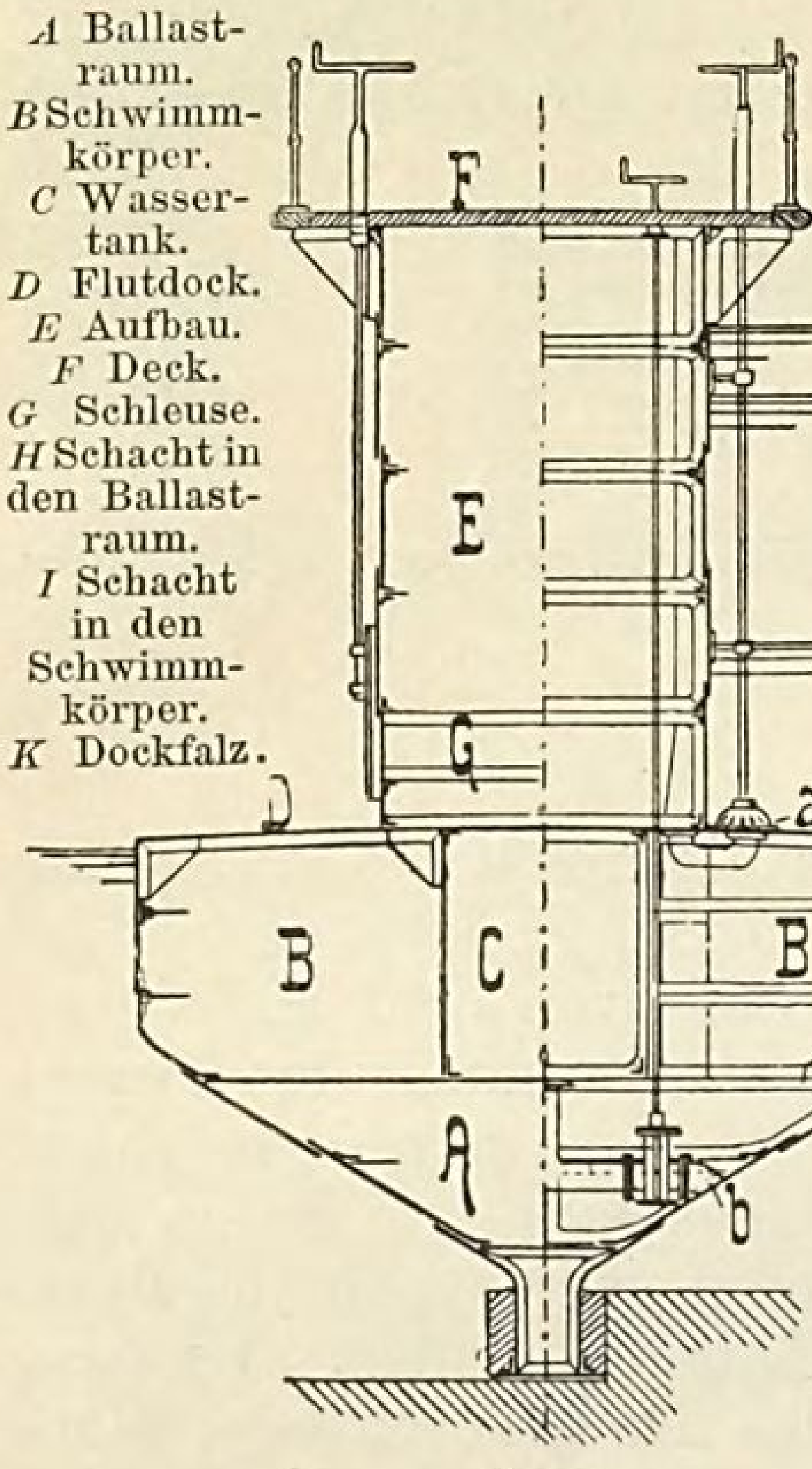


Fig. 3.

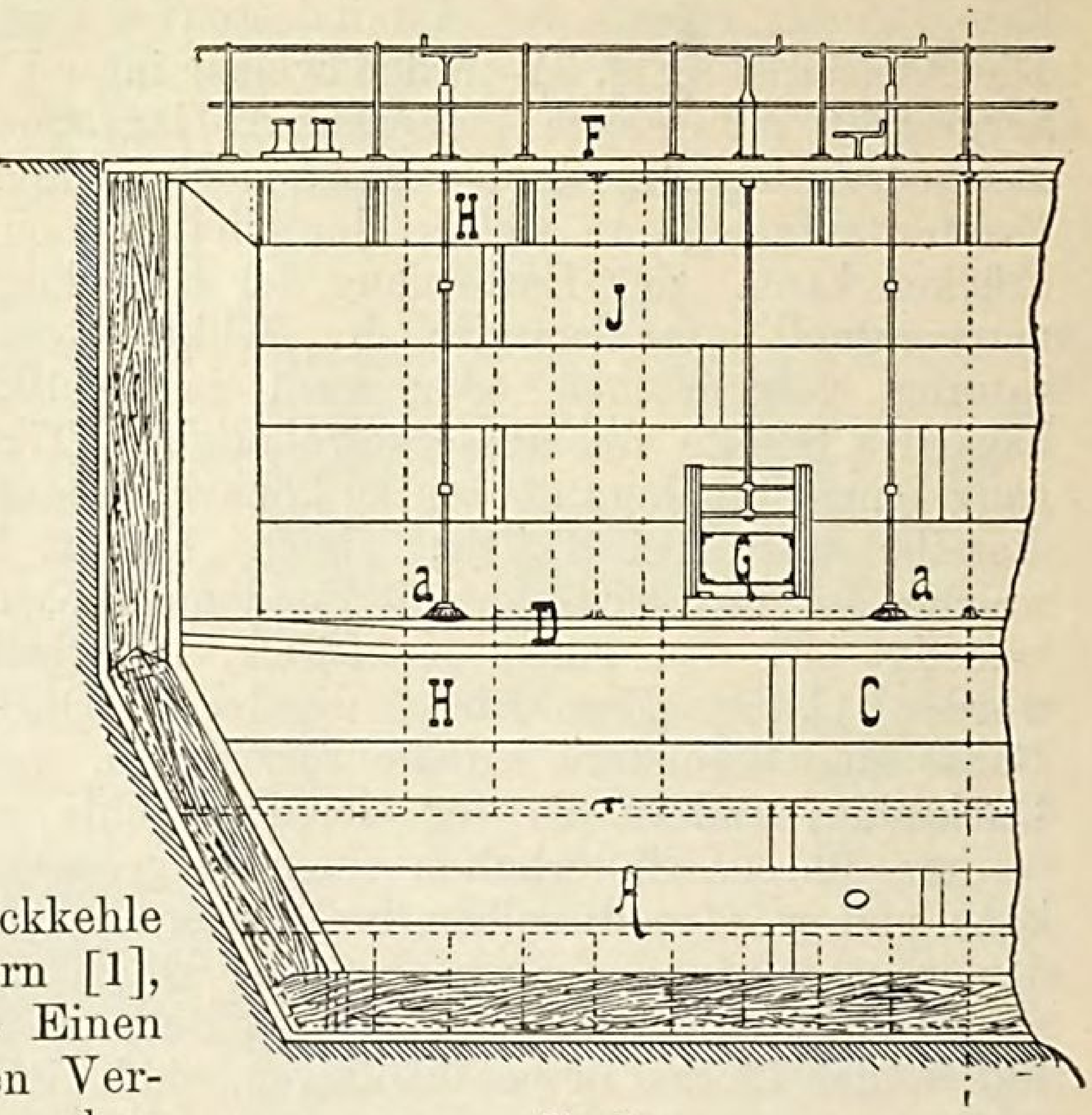


Fig. 3 a.

der Dockkehle erfordern [1], [9]. — Einen besseren Verschluss geben die Verschlusspontons, welche bei den Trockendocks die weiteste Verbreitung gefunden haben. Wenngleich ihre Bedienung umständlich ist und ein grösseres, geschultes Personal erfordert, so sind die Vorteile desselben: guter Verschluss, leichte Art der Reparatur, einfache Konstruktion des Dockhauptes, Möglichkeit, die Docklänge durch Versetzen des Pontons vor das Dockhaupt für Ausnahmefälle zu vergrössern, doch überwiegend. Die Verschlusspontons werden zurzeit nur aus Stahl gefertigt nach Art der Schiffskörper. Ihre Form längsschiffs richtet sich nach dem Profil des Dockthores, querschiffs nach der erforderlichen Stabilität und der Arbeitsweise des Pontons. Es haben sich in der Hauptsache zwei Typen ausgebildet.

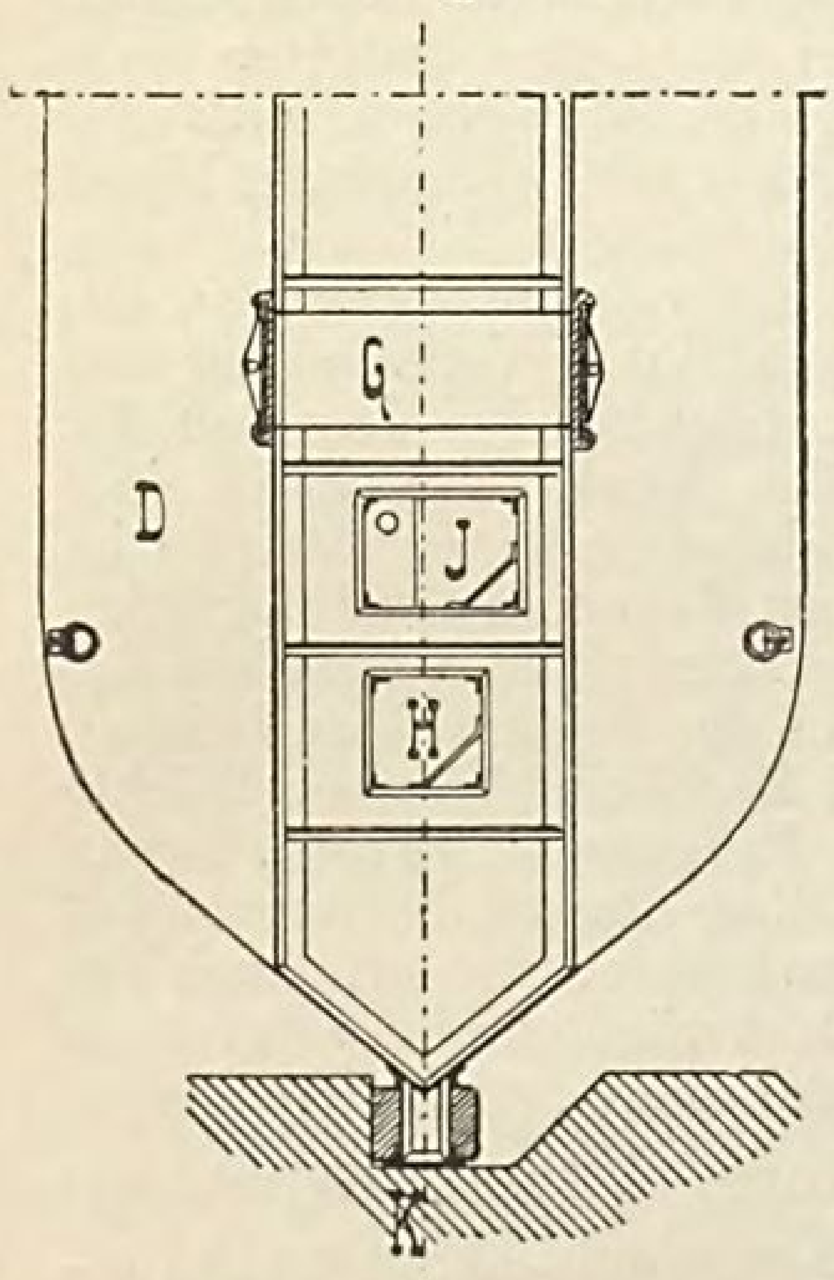


Fig. 3 b

Die Fig. 3, 3 a u. 3 b zeigen die Anordnung von de Coppier, in Frankreich vielfach ausgeführt [1], [4]. Dieses Ponton arbeitet ohne Hilfe von Pumpen und bethätigt sich wie folgt. Das Verschlussponton schwimmt, das Dock ist gefüllt. Man bringt das Ponton in den Falz, öffnet die Ventile *a*, dann die Rohre *b*. Das Wasser dringt in die Kasten *c*, das Ponton senkt sich. Sobald das Flutdeck unter Wasser kommt, füllen sich auch die oberen Räume und das Ponton setzt sich auf den Falz fest. Hierauf schliesst man die Ventile *a* nach dem Dock zu, während die nach dem Hafen mündenden offen bleiben und d s Auspumpen des Docks kann beginnen. Fällt das Wasser unter die Oberkante der Kasten, so muss das Ventil *b*, welches ins Dock mündet, geschlossen werden, dann kann man das Dock trocken legen. Beim Ausdocken ergibt sich folgendes Manöver. Man schliesst die Ventile *a*, lässt etwaiges Leckwasser durch ein Kingstonventil ins Dock und schliesst dasselbe. Dann lässt man das Wasser aus dem Kasten *c* ins Dock laufen und schliesst das Ventil *b*. Hierauf lässt man Wasser ins Dock durch die seitlichen Kanäle und bei schnellem Ausdocken durch die Schleusen im Verschlussponton. Ist der Wasserspiegel im Dock beinahe so hoch wie im Vorhafen, dann beginnt das Ponton sich zu bewegen. Das Wasser in den oberen Räumen verhindert jedoch ein plötzliches Aufschwimmen. Hierauf öffnet man die Ventile *a*, so dass die oberen Räume sich mit dem Aufschwimmen entleeren. Dieses Verschlussponton eignet sich besonders für Häfen ohne Ebbe und Flut; bei wechselndem Wasserstande muss das Ponton höher und demnach, um die Stabilität zu erhalten, im unteren Teile breiter sein. Für diese Fälle findet vielfach auch das Verschlussponton (Fig. 4) Verwendung. Es besteht aus zwei wasserdichten

Abteilungen. Die untere Abteilung A gibt den Auftrieb und enthält den festen Ballast. Beim Versenken tritt durch die Oeffnungen a Wasser in den Raum, dessen Gewicht so bemessen ist, dass das Ponton sich in den Falz setzt. Beim Aufschwimmen muss dieses Wasserquantum wieder ins leere Dock gelassen werden und das Ponton beginnt dann aufzuschwimmen, wenn das Dock fast gefüllt ist. Der obere Teil B hat den Zweck, dem Ponton auch während des Versenkens Stabilität zu geben und tritt überdies in Wirksamkeit, wenn der Wasserstand im Vorhafen steigt. Alsdann kann Wasser in den Raum B eindringen, so dass der Auftrieb des Pontons auch bei höherem Wasserstande immer ziemlich konstant bleibt, so dass das Gewicht des Wasserballastes, welches in den Raum A eingelassen werden muss, für alle Wasserstände fast gleich bleibt [1].

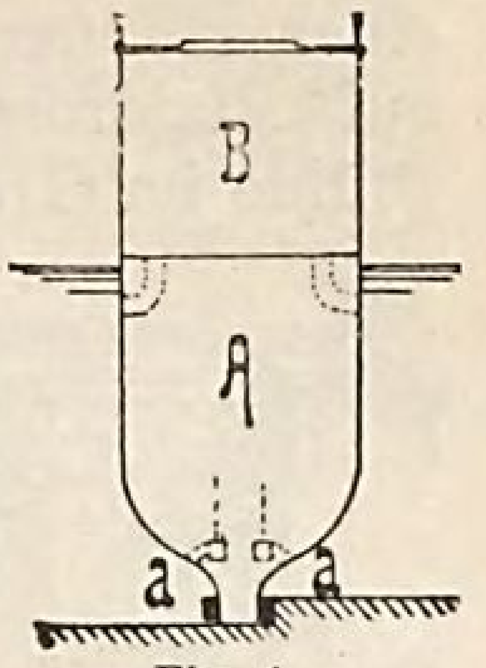


Fig. 4.

Die Schiebethore, welche vorzugsweise in England gebräuchlich waren, haben neuerdings auch in Deutschland bei weiten Dockeingängen Eingang gefunden. Sie geben einen guten Verschluss und bieten den grossen Vorteil leichter und schneller Handhabung, so dass sie zur Zeit wohl als die vollkommensten Verschlussvorrichtungen angesehen werden können [11]. Das Schiebethor des Hamilton-Trockendocks in Malta [2] kann in 5 Minuten hin- und hergezogen werden. Dasselbe besteht im Grunde nur aus zwei vertikalen Eisenwänden, welche gegen einander durch kräftige Streben versteift sind und auf einem Teil der Fläche einen wasserdichten Kasten einschliessen, welcher den nötigen Auftrieb erzeugt, so dass das Schiebethor auf der Gleitbahn von Granit entlastet wird. Die Schiebethore der englischen Docks gleiten meist auf Rollen, die auf der Docksohle fest gelagert sind [10]. Alle Thore werden mittelst Winden oder Flaschenzügen, die durch Dampf, Wasserdruck oder Pressluft angetrieben werden, bewegt und beim Oeffnen des Dockeinganges in eine gemauerte Thorkammer geführt, so dass die Durchfahrtsöffnung ganz frei wird. Diese Thorkammern, welche die Anlage etwas verteuern, wählt man so breit, dass das Thor für Reparaturzwecke nach entsprechendem Abschluss der Kammer in derselben gleichsam gedockt werden kann. Ein Versetzen des Schiebethores zur Verlängerung des Docks ist nur vereinzelt ausgeführt (Dock zu Montevideo), [2].

Zum Trockenlegen der Docks sind zurzeit nur noch Zentrifugalpumpen in Anwendung, da diese Pumpen allein im stande sind, durch Schlamm oder animalische Bestandteile durchsetztes Wasser zu fördern. Kolbenpumpen sind nur noch für die Hilfspumpen in Anwendung, welche das ziemlich reine Sick- und Leckwasser beseitigen und fast ständig im Betrieb sind.

Die Aufstellung der Zentrifugalpumpen erfolgt in einer Höhe bis höchstens 4—5 m über dem Wasserspiegel des Sammelbrunnens, in welchen die Kanäle der einzelnen Docks münden und zwar auf einer wasserdichten Decke, durch welche das Saugerohr hindurch reicht. Bei Lagerung der Pumpen mit horizontaler Axe erfolgt der Antrieb von der Dampfmaschine meist durch Riemenbetrieb, welche Anordnung wegen des Rutschens der Riemen in feuchter Luft nicht vorteilhaft ist; seltener ist die Pumpe mit der Betriebsmaschine direkt gekuppelt und im Brunnen aufgestellt. Bei Lagerung der Pumpe mit vertikaler Welle kann die Betriebsmaschine auf dem Werftniveau stehen und die Pumpe durch eine vertikale Welle direkt angetrieben werden [1], [10]. Die Maschinen müssen mit veränderlicher Expansion eingerichtet sein, um eine möglichst gleiche Wasserförderung zu erhalten, da die Kraft zum Schöpfen mit dem Sinken des Wasserstandes im Dock wächst. Bei grösseren Dockanlagen stellt man daher allmälich mehr Pumpen an [1].

Die Hellinge, Schleppen oder Slips bestehen in einer geneigten Bahn, die bis zu einer entsprechenden Tiefe unter Wasser reicht und auf welche das trocken zu stellende Schiff mittelst Schlitten aufgezogen wird. Je nachdem man die Schiffe in der Längsrichtung oder Querrichtung auf Land zieht, unterscheidet man Längs- und Querschleppen. — Die einfachste und ursprünglichste Längsschleppe bildet jede Bauhelling, da das Aufschleppen eine dem Stapellauf entgegengesetzte Arbeit bildet. Der Bau einer Helling bildet daher auch die Grundlage für alle Schleppen. Die Neigung der Helling, sowie der Längsschleppe wählt man zu 1 : 12 bis 1 : 14 bei Verwendung eines gleitenden Schlittens und zu 1 : 16 bis 1 : 20 bei Benützung eines rollenden Schlittens. Geringere Neigungen erfordern eine zu lange Vorhelling und verteuern daher die Anlage; grösssere Neigungen vermehren die Aufzugskraft und erschweren ein sicheres Aufbringen auf den Schlitten. Der Bau der Helling hängt in der Hauptsache von dem Gewicht des grössten aufzuschleppenden Schiffes ab und rechnet man nicht über 30—50 Tonnen für den laufenden Meter der Helling. Die Fundirung

einer Helling erfolgt, falls nicht felsiger Boden vorhanden ist, entweder direkt auf Pfahlrosten oder durch Zwischenschaltung von Betonklötzen, damit die Pfähle im Grundwasser verbleiben. Die Vorhelling, d. h. der unter dem Wasserspiegel gelegene Teil einer Helling, erfordert meist eine sorgfältige Fundirung mittelst Stein- und Betonschüttung [10]. Bei Schleppen werden die Schienen fest auf der Vorhelling verlegt, während bei den Bauhellingen die Gleitbahnen der Vorhelling für das Ablaufsgerüst bezw. den Schlitten so eingerichtet sind, dass sie kurz vor dem Ablauf bezw. dem Aufschleppen vorgerichtet und dann auf der Vorhelling mittelst Ballast versenkt werden [1].

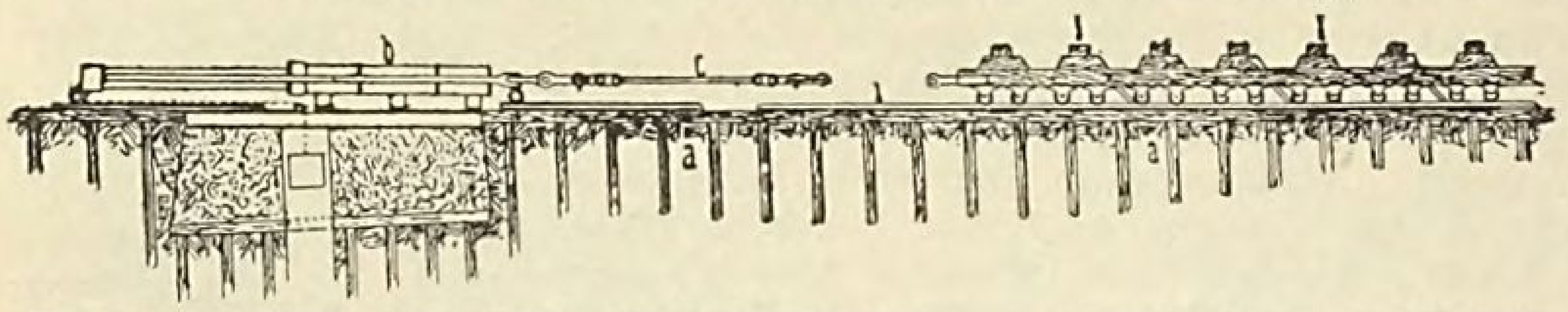


Fig 5. *a* Helling. *b* Hydraulische Aufzugsmaschine. *c* Stangenkette. *d* Aufschleppwagen (Mittelwagen). *e* Aufschleppwagen (Seitenwagen). *f* Verbindungsträger *g* Verbindungsstangen. *h* Bock zum Bedienen des Kimmschlittens. *i* Schiene mit Pallschiene. *k* Schiene ohne Pallschiene. *l* Stapelung.

Beim Aufschleppen eines Schiffes bildet der Schlitten den wichtigsten Bestandteil; er muss so eingerichtet sein, dass die Arbeit des Aufschleppens möglichst einfach und leicht erfolgen kann und dass er das aufzuschleppende Schiff sicher trägt und stützt. Die Schlitten der Patentschleppen werden entweder als Ganzes aus Längs- und Querverbänden hergestellt oder sie bestehen aus einzelnen Wagen, die je nach der Länge des aufzuschleppenden Schiffes mit einander verbunden werden können. Zum Stützen des Schiffes gegen seitliches Umfallen dienen sogen. Kimmschlitten, welche vor dem Aufschleppen der Schiffsform entsprechend hergerichtet werden und mittelst Taljen meist vom Deck des Schiffes aus unter den Schiffsrumpf geholt werden.

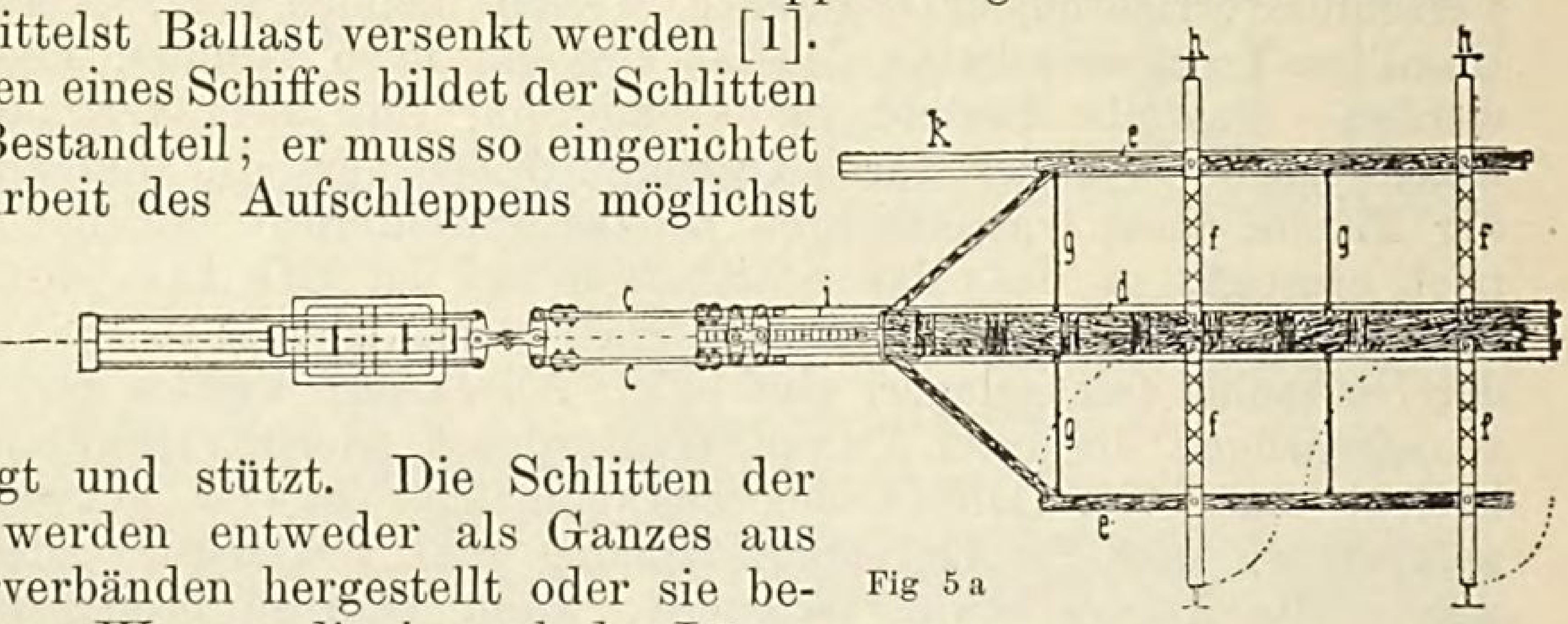


Fig 5 a

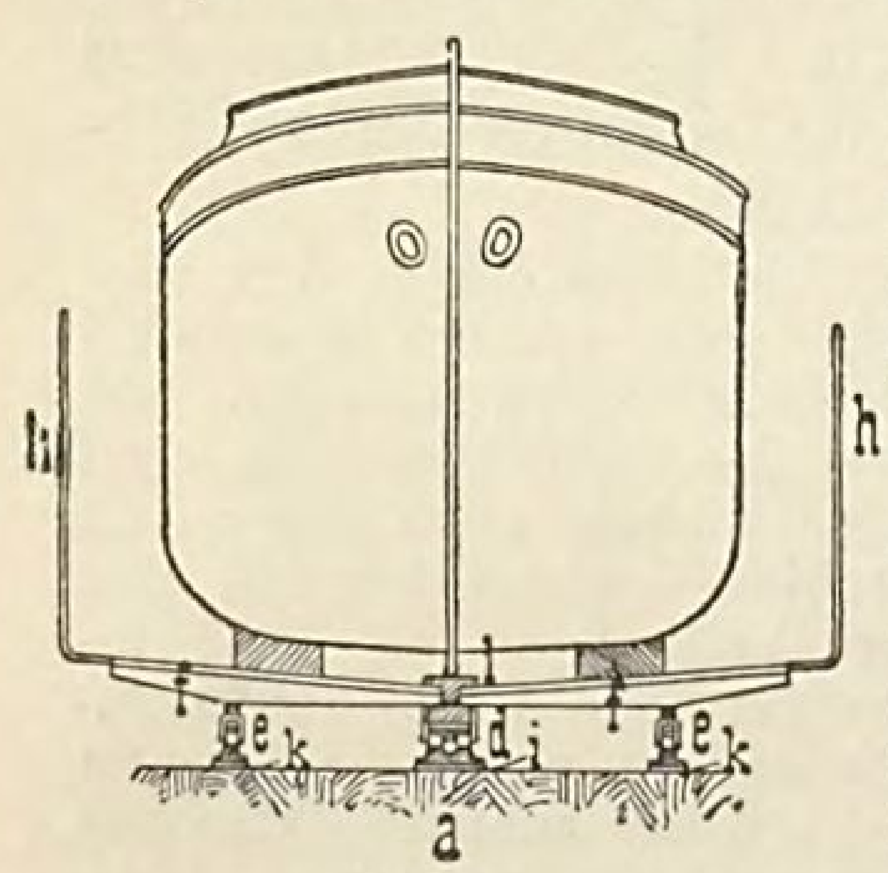


Fig. 5 b.

Da die Vorhelling den kostspieligsten Teil einer Schleppanlage bildet, so hat man Schleppen in grossen Längen angelegt, um mehrere Schiffe hinter einander aufschleppen zu können. Die Wallsend Slipway Company besitzt eine Schleppe von 1000 Fuss Länge [5]. Um den Wagen von dem zuerst aufgeschleppten Schiff frei machen zu können, sind die seitlichen Wagen von dem Mittelwagen loszukuppeln. Zu diesem Zweck werden die beide Wagen verbindenden Gitterträger, welche zugleich die Kimmschlitten tragen, um vertikale Zapfen, die auf den seitlichen Wagen gelagert sind, längsschiffs gedreht, so dass sie mit letzteren vom Schiffsrumpf frei heruntergelassen werden können und folgt der mittlere Wagen nach dem Aufkeilen des Schiffes auf Kimmstapel nach, um dann für ein weiteres Aufschleppen mit den Seitenwagen wieder vereinigt zu werden (Fig. 5). Der zum Aufholen eines Schiffes von dem Gewicht D auf einer Patentschleppe erforderliche Zug setzt sich zusammen aus der Kraft zur Ueberwindung des Gewichtes — A —, zur Ueberwindung der rollenden Reibung B und zur Ueberwindung der Reibung des Presskolbens in seiner Dichtung. Bei einer Neigung der Schleppe von 1 : 20 ist $A = {}^1\!/_{20}\,(D + S + K)$, $B = 0{,}2\,\frac{r}{R}\,(D + S)$, $C = 0{,}56\,p\,u\,h$, worin S und K die Gewichte des Schlittens und der Aufzugkette, R und r den Radius der Schlittenrollen und den ihrer Axen, p den Druck im Presscylinder, u den Umfang des Kolbens und h die Höhe der Lederdichtung angeben [5]

Die Zugkraft zum Aufschleppen liefert entweder unter Verwendung einer gewöhnlichen Kette eine Dampfwinde oder bei grösseren Schleppen unter Benützung von Stangenketten hydraulische Cylinder. Man verwendet meist mehrere Cylinder, welche, entsprechend der Aufschleppkraft, einzeln oder zusammen in Betrieb genommen werden. Dieselben haben 2,5 bis 3,5 m Hub und die Kettenstangen eine entsprechende Länge. Nach jedem Hub wird ein Stangenpaar ausgeschaltet, wobei der Schlitten durch Pallen gehalten wird. Die Pallschienen sind meist mit den Schienen für die Laufräder des mittleren Wagens aus einem Stück gegossen. Bei einigen Schleppen macht die Stangenkette mit den Pumpen-

kolben eine Vor- und Rückbewegung und wird dann entsprechend mit dem Schlitten ein- und ausgeschaltet [5], [10]. Die Querschleppen bieten den Vorteil, dass die Schleppe bedeutend kürzer sein kann und Schiffe von grossem Tiefgang bequemer und sicherer aufgezogen werden können ohne Beengung des Fahrwassers und Benachteiligung durch Strömung. Die Neigung beträgt 1:4 bis 1:6. Die Konstruktion des Schlittens mit den Kimmschlitten und im besondern die gleichmässige Verteilung der Antriebskraft auf den Schlitten bietet grössere Schwierigkeiten um so mehr, als die Belastung des Schlittens der Länge nach eine verschiedene ist. Die Bewegung des Schlittens erfolgt meist zwangsläufig durch eine grössere Zahl Schraubengetriebe, welche von einer Stelle aus bewegt werden.

Die mechanischen Hebedocks heben die zu dockenden Schiffe mit Hilfe hydraulischer Cylinder oder Hebeschrauben vertikal um die Höhe des Tiefgangs des Schiffes. Sie haben sich in ihrer Anlage nicht bewährt und bieten daher nur historisches Interesse. Das hydraulische Dock im Viktoriadock zu London aus dem Jahre 1862, von Edwin Clark konstruirt, ist zwar noch im Betrieb, doch hat sich dasselbe wegen der häufig auftretenden Reparaturen nicht rentirt. Selbst die spätere Erbauung eiserner Pontons, auf welchen die Schiffe im Heberahmen der hydraulischen Docks gehoben wurden und welche dann mit dem trocken gestellten Schiff ausgefahren werden können, so dass das Hebewerk für weitere Schiffe verwendbar wird, hat die Rentabilität nicht gesichert [3], [7]. Die Schraubenhebedocks sind vereinzelt in Amerika zur Ausführung gekommen und zurzeit veraltet.

Da die vorstehend erwähnten Anlagen zum Docken von Schiffen mehr oder weniger schwierige und kostspielige Fundirungsarbeiten erfordern, so hat man in Häfen mit schlammigem Untergrund Schwimmdocks vorgezogen. Dieselben bedürfen keiner Fundirung; sie werden neuerdings aus Stahl hergestellt und bieten den Vorteil, dass die Arbeit zum Trockenstellen des Schiffes eine verhältnismässig geringe ist; auch können die Schwimmdocks durch Teilung für verschiedene Schiffsgrössen eingerichtet werden. Dagegen bieten die hohen Unterhaltungskosten und ein tiefes Fahrwasser an der Versenkstelle besondere Nachteile. Die Schwimmdocks bestehen entweder aus einem Bodenponton und zwei festen Seitenpontons, welche dazu dienen, die Stabilität des Docks mit Schiff im versenkten Zustande aufrecht zu erhalten, oder aus einem Bodenponton mit nur einem festen Seitenponton; alsdann muss jedoch das Dock zur Sicherung der Stabilität am Ufer durch Lenkstangen oder durch einen am seitlichen Ponton befindlichen Schwimmer geführt werden. Das Schwimmdock arbeitet nach folgendem Prinzip: Durch Einlassen von Wasser in die Zellen des Bodenpontons und in die unteren Zellen der Seitenpontons wird das Dock so weit gesenkt, dass die Kielstapelung etwa 0,3 m unter den tiefsten Punkt des Kieles des zu dockenden Schiffes zu liegen kommt, wobei die Seitenpontons noch über Wasser verbleiben müssen. Ist das Schiff im Dock festgemacht, so wird das Wasser aus den Zellen mittelst Zentrifugalpumpen gelenzt, bis das Schiff sich so weit hebt, dass der obere Dockboden frei liegt. Das Festsetzen des Schiffes geschieht in gleicher Weise wie im Trockendock durch seitliche Stützen gegen Stufen der Seitenpontons, bei den einseitigen Schwimmdocks mittelst Stützen und Taljen gegen das Seitenponton; zugleich verwendet man eine grössere Zahl von Kimmschlitten wie bei den Schleppen, welche von den Decks der Seitenpontons aus bedient werden. Die Grösse eines Schwimmdocks muss so bemessen sein, dass es bei freigelegter Kielstapelung das Gewicht des zu dockenden Schiffes sicher tragen kann, und müssen die Seitenpontons so hoch geführt sein, dass das Dock auf den erforderlichen Tiefgang des Schiffes, von den Stapelklötzen an gerechnet, versenkt werden kann. Die zweiseitigen Schwimmdocks bieten den Nachteil, dass die Konservirung des Aussenbodens nur durch Trockenstellen auf Land oder in einem besondern Trockendock erfolgen kann. Diesen Uebelstand hat man dadurch zu heben gewusst, dass man das Dock der Länge nach in einzelne Sektionen trennte — Sektionsdock — deren Länge so bemessen war, dass man eine Sektion in der andern docken kann oder in ein Ponton mit seitlichen Schwimmern, das sogen. Doublepowerdock von Clark & Standfield [10]. Neuerdings wendet man aus diesem Grunde auch einseitige Sektionsdocks von grösserer Länge an, welche gegenseitig bequem gedockt werden können.

Die einseitigen Docks, auch Off Shore Docks genannt, von Clark & Standfield in London eingeführt, sind zurzeit die bequemsten Schwimmdocks. Durch den Fortfall des einen Seiten-

pontons wird das Quantum Wasser zum Versenken und dementsprechend zum Auspumpen bedeutend geringer, so dass die Zeit des Dockens sehr bedeutend verkürzt wird. Da ferner der Dampf für die Betriebsmaschine der Pumpen von dem Betriebskessel der Werft entnommen wird, so ist das Dock jederzeit klar zum Gebrauch. — Zum Stützen des Schiffes beim Docken dienen Kimmstützen,

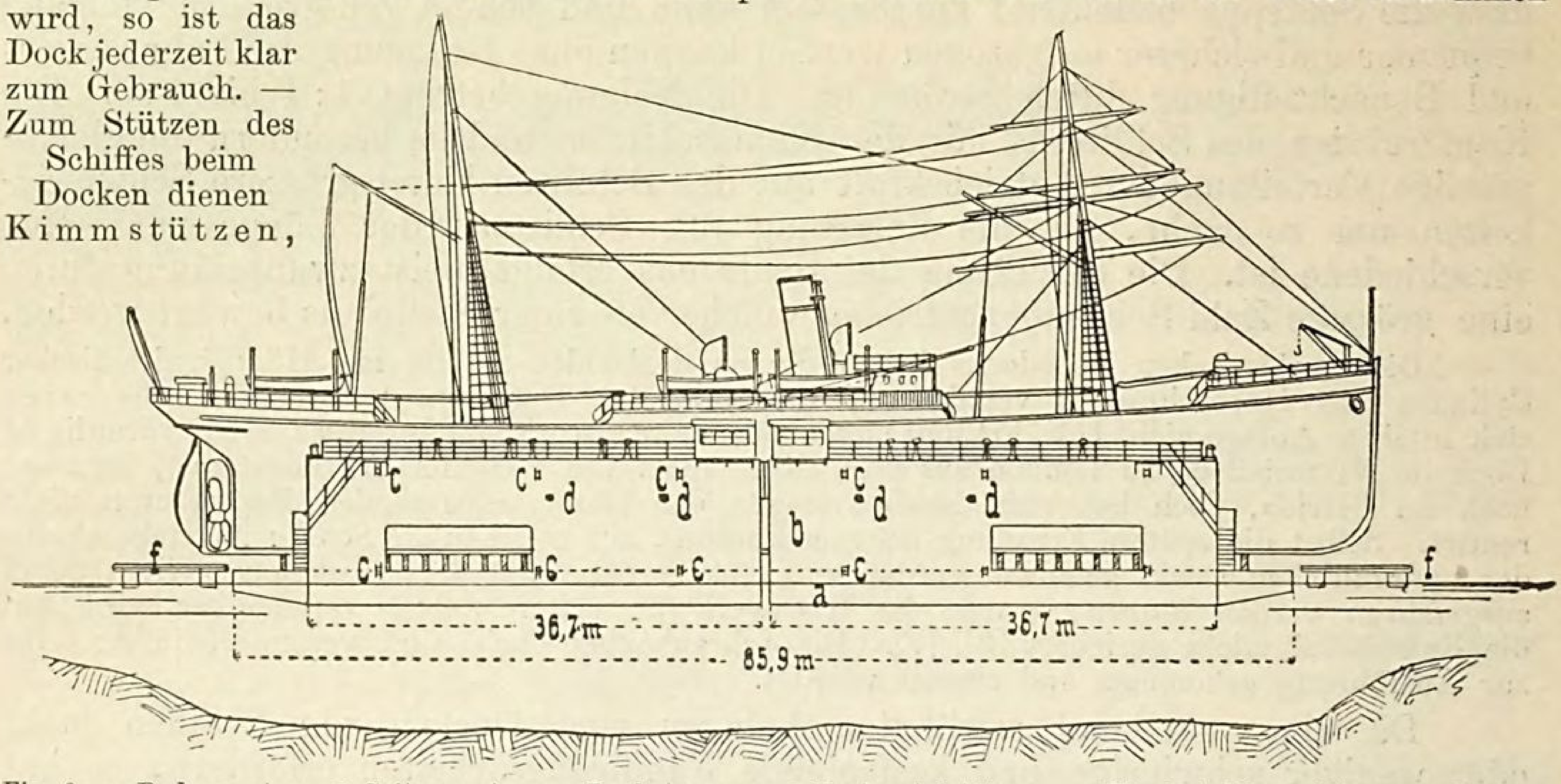


Fig 6. *a* Bodenponton. *b* Seitenponton. *c* Lenkstangen. *d* Horizontalstützen. *e* (Fig 6 a) Kimmstützen. *f* Prahm.

welche flach auf dem Dock liegen und mittelst Zahnstangen und Rädergetriebe vom Deck des Seitenpontons aus unter die Kimme des Schiffes gehoben werden können. Zum Einrichten des Schiffes auf den Kielstapeln dienen teleskopartig verschiebbare Horizontalstützen, welche von der Seitenwand des Docks gegen die Schiffsseite hinausgeschraubt werden können. In dem Seitenponton des Docks sind meist grosse Oeffnungen vorhanden, von welchen aus Brücken nach dem Ufer führen zur Verbindung zwischen Dock und Werft. Die Fig. 6 und 6 a stellen das Dock zu Flensburg dar [1], [2], [3], [10].

Zur besseren Ausnützung des Schwimmdocks hat man dasselbe mehrfach mit anderen Einrichtungen zum Trockenstellen der Schiffe in Verbindung gebracht, auf welche das mit dem Schwimmdock gehobene Schiff überführt wird. Das Torpedobootsdock in Kiel und Wilhelmshaven besteht aus einem Heberahmen aus eisernen Gitterträgern mit vier Schwimmkasten an den Ecken, auf welchen das Ponton sich aufsetzt. Durch Lenzpumpen der Schwimmkasten und des Pontons, welches durch einen Spiralschlauch mit der Zentrifugalpumpe in dem einen Schwimmkasten verbunden wird, wird das Torpedoboot auf dem Ponton gehoben und kann dann nach dem Senken des Heberahmens mit dem Ponton herausschwimmen, um mit Hilfe des Heberahmens und eines zweiten Pontons ein anderes Boot docken zu können, ähnlich dem hydraulischen Dock von Clark.

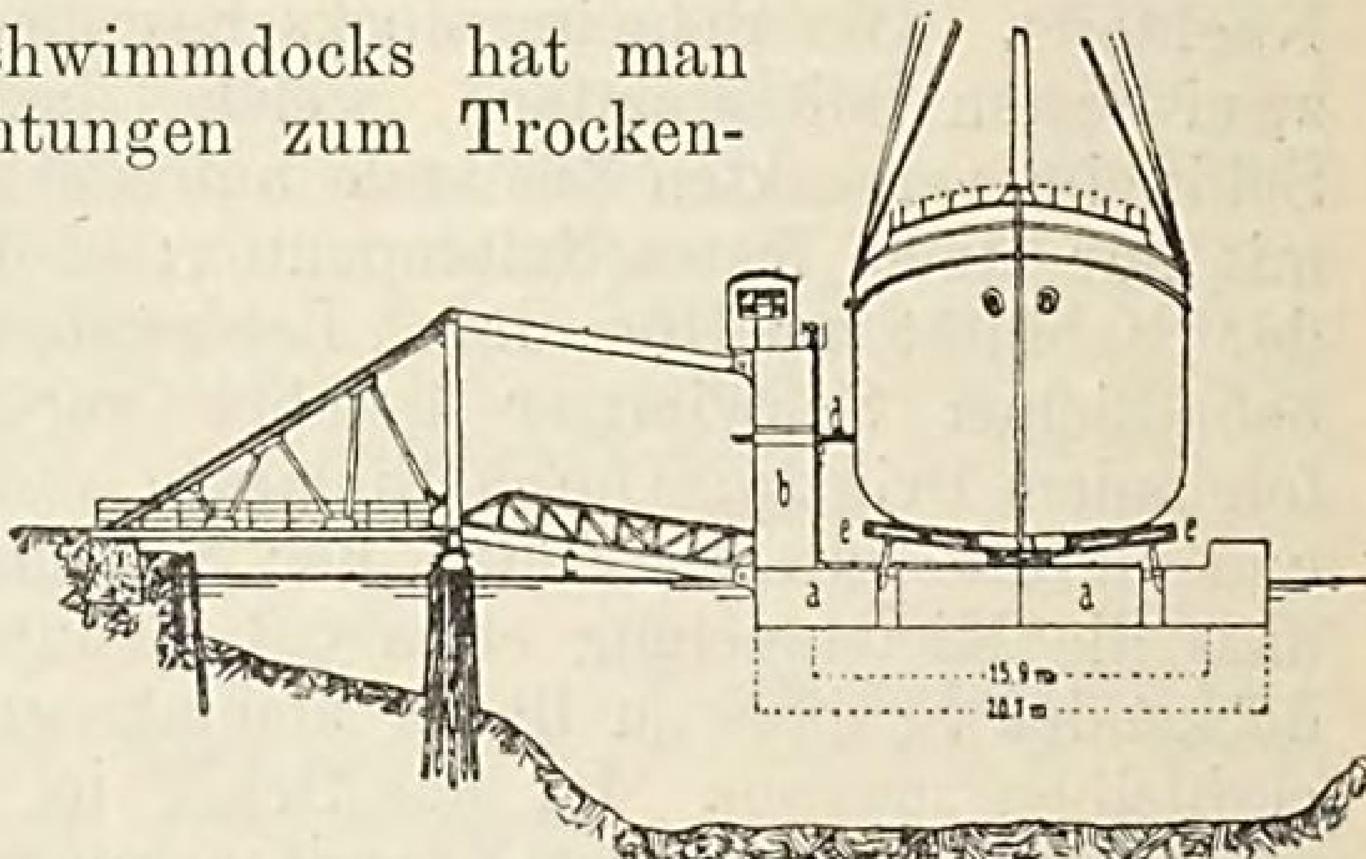


Fig 6 a.

Das Absetzdock, depositing dock, von Clark & Standfield verbindet das Schwimmdock mit einer Trockengräting. Es besteht aus einem einseitigen Schwimmdock, dessen Stabilität durch einen mit dem Seitenponton verbundenen Schwimmer gesichert wird. Das Bodenponton erhält querschiffs Einschnitte in bestimmten Abständen, welche mit einem Rostwerk von Pfählen, einer Art Trockengräting übereinstimmen. Ist das Schiff im Dock gehoben, so wird letzteres so in die Trockengräting hineingeschoben, dass die Pfahlroste in die Einschnitte des Bodenpontons passen. Das Schiff wird dann durch Senken des Docks auf die Trockengräting abgesetzt. Auf diese Weise können mit demselben Dock bei entsprechender Zahl von Trockengrätings mehrere Schiffe nach einander trocken gestellt oder in umgekehrter Weise wieder zu Wasser gebracht werden [6], [3], [7].

Die Horizontalschleppen in Danzig, Pola und Carthagena bringen das Schwimmdock mit einer Schleppe auf dem Lande in Verbindung. Die Schiffe werden mittelst eines Schwimmdocks gehoben und dann aus dem Dock auf Land horizontal aufgeschleppt. Das Schwimmdock wird während des Aufschleppens auf eine feste Docksohle versenkt, da sonst ein Trimmen desselben bei Verschiebung des Schiffsgewichtes eintritt. Es muss daher für das Schwimmdock ein besonderes

Trockendock, wenn auch nur von geringer Tiefe hergestellt werden. Auch müssen im Schwimmdock besondere Längsverbände vorgesehen werden, um die beim Schleppen auftretenden Schubkräfte von der Nietung des Dockrumpfes zu entlasten. Diese Anlagen erfordern daher erhebliche Anlagekosten und sind bisher nur für Kriegsschiffswerften erbaut [1], [7], [10]. — Die Trockendocks sowie die einseitigen Schwimmdocks nach Clark & Standfield müssen zurzeit als die praktischsten Vorrichtungen zum Trockenstellen von Schiffen hingestellt werden sowohl in Bezug auf die Rentabilität der Dockanlage als auch mit Bezug auf die Schonung des Schiffsrumpfes beim Docken. Das einseitige Schwimmdock steht ausserdem mit Bezug auf die zum Docken erforderliche Zeit allen Einrichtungen voran, da Dockungen mit denselben in 15 Minuten bewerkstelligt sind, während Trockendocks zum Schliessen des Thores und Lenzen 3 bis 4 Stunden erfordern.

Litteratur: [1] Laroche, Ports maritimes, Paris 1893. — [2] L. & G. Franzius und Rudloff, Seekanäle, Strommündungen, Seehäfen, Leipzig 1894. — [3] Hauser, Cours de construction navale, Paris 1886. — [4] Mitt. aus d. Gebiete des Seewesens, 1882, S. 1. — [5] Ebenda 1882, S. 55. — [6] Engineering 1881. — [7] Dick und Kretschmer, Handbuch der Seemannschaft, Berlin 1893. — [8] Heider, Der Bau der vereinigten Schlepp- und Trockendocks in Triest und Pola. — [9] Landsberg, Die eisernen Stemmthore der Schiffsschleusen, Leipzig 1894. — [10] C. Colson, Notes on docks and dock construction, London 1894. — [11] L. F. Vernon-Harcourt, Harbours and docks, Oxford 1886. *Tj. Schwarz.*

Docke, auch Tocke oder Baluster genannt, s. Art. Baluster, B. 2, S. 6.

Dockponton, s. Dock.

Doctor, s. Abstreichmesser.

Dodekaëder, ein von zwölf ebenen Flächen begrenzter Körper; geometrisch interessant ist das reguläre Pentagondodekaëder; es ist von zwölf regelmässigen Fünfecken begrenzt, von welchen an jeder Ecke drei an einander stossen. Das regelmässige Pentagondodekaëder besitzt 20 Ecken, 32 Kanten und 12 Flächen. Seine Ecken liegen sämtlich auf einer Kugelfläche, desgleichen berühren seine sämtlichen Flächen und Kanten je eine Kugelfläche. Ausser dem Pentagondodekaëder ist geometrisch von Bedeutung das Rhombendodekaëder, das von zwölf Rhomben begrenzt ist. Sowohl das Pentagon- wie das Rhombendodekaëder tritt als Kristallform auf; s. auch Polyeder. *Vonderlinn.*

Dodge-Schleuse, s. Schleuse.

Dörre, s. unter Darre.

Dörrpfiesel, s. Kochsalz.

Döskin (Winterbuckskin), ein mit Satinbindung aus Streichwolle gewebtes, tuchartiges Gewebe, welches im Aussehen zwischen Tuch und Satin steht. S. Tuchfabrikation.

Dötsch-Prozess, s. Kupfer.

Doffer, s. Wergspinnerei.

Dogger, s. Juraformation.

Dohlen, s. v. w. Durchlässe (s. d.), an manchen Orten auch eine für die städtischen Entwässerungskanäle gebräuchliche Bezeichnung; s. Kanalisation der Städte und Ortschaften.

Dokumentenpapier, ein von Behörden und Aemtern für Dokumente und wichtige Akten, manchmal überhaupt für den ganzen Schreibdienst verwendetes Papier, von welchem namentlich grosse Festigkeit, Dauerhaftigkeit und Lichtbeständigkeit gefordert wird. S. Papiernormalien und Papiersorten.

Dolerit, s. Basalte.

Dolgorucki-Maschine ist eine direkt rotirende Maschine, welche als Betriebsmaschine für Dynamos zur elektrischen Beleuchtung von Schiffen Anwendung gefunden hat.

Dolinen, s. Karren.

Dollar, seit 1792 in den Vereinigten Staaten von Nordamerika gesetzlich eingeführte, in 100 Cents geteilte Münzeinheit. Abkürzung (Zeichen) für dieselbe: $

Seit 1837 wurden Zehndollarstücke (1 Eagle) in Gold von $^9/_{10}$ Feingehalt = 258 Troygrains = 16,718 g, einzelne Golddollars und Stücke zu 20 Dollars (Double-eagles) seit 1849, zu 3 Dollars seit 1853, für Kalifornien seit 1851 zu 50, seit 1852 zu 90 Dollars gemünzt. Daneben gibt es in Gold noch 5 Dollars (Half-eagles), $2^1/_2$ Dollars (quarter-eagles) und achteckige Fünfzig-

dollarstücke. In Silber werden ganze, 1/2, 1/4, 1/10, 1/20 Dollarstücke geprägt. Der einfache Golddollar (Wert 4,19792 ℳ) wird jetzt nicht mehr gemünzt. Von 1853—72 prägte man fast nur noch für den auswärtigen Handel Siberdollars, die sogen. Trade-Dollars, von 1873—78 mit 9/10 Feingehalt im Gewicht von 420 Troygrains = 27,2156 g = 4,4098 ℳ. 1878 wurde der sogen. Normal-Dollar (Standard-Dollar) eingeführt, der schon 1879 dem Gold gegenüber ein Disagio von ca. 13 % hatte. Die 1861 mit Zwangskurs aufgegebenen Papierdollars sind wegen ihrer grünen Farbe unter dem Namen Greenbacks bekannt.

Dollbord, Dolle, s. Bootsbau.

Dollen, s. Dübelverbindung.

Dolliren ist diejenige Operation, durch welche die Fleischseite der Weissgarleder und Sämischleder ein schönes, gleichmässiges Aussehen erlangt und welche entweder mit dem Dollirmesser oder mit der Dollirmaschine ausgeführt wird. Die letztere besteht im wesentlichen aus einer um eine horizontale Axe drehbaren Trommel, die mit einer schmirgelhaltigen Masse belegt ist und in schnelle Bewegung versetzt werden kann. Durch Anlegen des Felles an die in Bewegung gesetzte Trommel wird das Fell auf der Fleischseite abgeschliffen und dadurch egalisirt. *Pässler.*

Dolomit, Dolomitspat, Rautenspat, ein Mineral, kohlensaure Kalk-Magnesia = $CaMgCO_3$ (54,23 % $CaCO_3$ + 45,77 % $MgCO_3$ oder 47,83 % CO_2, 30,43 % CaO, 21,74 % MgO) als Normaldolomit; Abarten sind Mesitin, kohlensaures Magnesia-Eisenoxydul = $MgFeC_2O_6$, ferner Ankerit, kohlensaures Kalk-Eisenoxydul-Magnesia-Manganoxydul = $CaCO_3 + (FeMgMn)CO_3$, oder endlich, wenn hier Eisenoxydul gegen Magnesia zurücktritt, noch Braunspat $= CaCO_3 + (MgFeMn)CO_3$. Alle diese unter einander eng verwandten Verbindungen kristallisiren hexagonal und zwar vorwiegend in Rhomboëdern. Meist hell gefärbt, weiss, matt und trüb durchscheinend, seltener wasserklar und durchsichtig, rot, grün, gelb; gut spaltbar nach den Rhomboëderflächen; glas- bis perlmutterglänzend; spröde. Härte 3,5—4,5; spez. Gew. 2,85—3,1, letzteres bei den eisenreichen. Gilt als unschmelzbar, verliert aber beim Brennen die Kohlensäure wie Kalkspat. In Salzsäure kalt wenig löslich, in kalter Essigsäure gar nicht, gepulvert und erwärmt mit Salzsäure gänzlich löslich unter Aufbrausen; in kohlensäurehaltigem Wasser ist Dolomit schwerer löslich als Kalkspat. 10000 Teile mit Kohlensäure gesättigten Wassers lösen nach Cossa 3,1 Teile Normaldolomit aber 11,6 Kalkspat. Meist im Gips und im Chloritschiefer vorkommend. Als Mineral technisch ziemlich ohne Bedeutung; von grösserer als Gestein [1].

Als solches stellt der Dolomit ein kristallinkörniges Aggregat von mineralischem Dolomit dar und zwar mehr der eisen- und manganfreien Abarten. Doch ist möglich, dass eine Reihe von Dolomiten aus einem Gemenge von Kalkspat- und Dolomitkörnern bestehen. Selten sind unter den Dolomitgesteinen solche von der Zusammensetzung des Normaldolomites; meist überwiegt das Kalkkarbonat das Magnesiakarbonat bedeutend und es werden somit Uebergänge zum reinen Kalkstein erzeugt; solche Gesteine werden als dolomitische Kalksteine bezeichnet. Die gelb, braun und schwarz verwitternden Dolomite enthalten meist Eisen oder Mangan beigemengt. Als Verunreinigungen führt der Dolomit oft noch Quarzsand, Thon, Eisenoxyd und -hydroxyd, Kohlenteilchen u. s. w. Die Dolomite sind in der Regel deutlich kristallinkörnig, seltener dicht. Man unterscheidet nach dem Gefüge der Körner und ihrer Grösse: körniger Dolomit, teils fest und sandsteinartig, teils locker, zuckerkörnig oder auch zerfallend und sandartig. Die Farbe ist meist hell, weiss, hell- bis dunkelgrau, auch braun. Der Bruch ist glänzend und oft perlmutterartig schimmernd. Feinkörnige Dolomite zerfallen mitunter zu einem sand- oder staubförmigen Pulver von weisser oder grauer Farbe und mattschimmerndem Glanz infolge des Reflexes der kleinen Rhomboëderflächen der einzelnen Körner; solche sandige oder aschenartige sich rauh anfühlende Dolomite werden als Dolomitaschen oder Dolomitsande bezeichnet. Sie treten vielfach in der Zechsteinformation Deutschlands auf und werden in Hessen und anderwärts zum Düngen verwendet. Als Zellendolomite, Rauchwacke und Rauhkalk bezeichnet man grossluckige, poröse, unregelmässig eckigzellige Dolomite, welche an den Wandungen der Hohlräume mit kleinen Dolomitkriställchen überzogen sind und sehr rauhe Bruchflächen haben. Die Zellen waren vielfach ursprünglich mit Kalkspat ausgefüllt, der ausgelaugt wurde. Mitunter führen sie noch sandigen oder mehligen Dolomit. Dichte Dolomite sind von dichten Kalken schwer zu unterscheiden. Oberflächliche Unterscheidung gibt ein Aetzversuch mit verdünnter, etwa 20prozentiger Salzsäure: Dolomit braust wenig und nur mit kleinen Bläschen, Kalk stark und mit grossen Blasen auf. Genauere Bestimmungen gibt nur die quantitative Analyse. Gurhofian wird ein sehr dichter Dolomit aus Oberösterreich benannt. Dolomit tritt vorzugsweise geschichtet in den sedimentären Formationen, vorwiegend in der Devon-, der Zechstein-, Muschelkalk-, Keuper- und Juraformation auf; doch fehlt er den kristallinen Schiefern und der Kreideformation keineswegs. In den Alpen bildet

Dolomit ganze Gebirge von wildem, zerklüftetem und ungeschichtetem Aussehen. Die starke Zerklüftung des Dolomites bedingt eine starke Aufnahme von Sickerwasser und damit die Bildung von Quellen an Stauwänden des Gebirges. Da im Gegensatz zum Kalk der Dolomit nur zum geringsten Teil ein Ausscheidungsprodukt von Meeresorganismen sein kann, so bleibt die Gegenwart so grosser und gebirgsbildender Massen von Magnesiakarbonat im Dolomit ein Rätsel, und man hat oft versucht, die Dolomite als chemisch umgewandelte Kalksteine zu betrachten. Wahrscheinlich ist die grosse Masse der Dolomite ein ursprünglicher Absatz von Magnesia-Kalkkarbonat und in vielen Fällen eine Anreicherung von Magnesiakarbonat durch eine nachträgliche Wegführung und Auslaugung des Kalkkarbonates erzielt worden. Ein Teil der Dolomite mag auch wohl durch Zuführung von Magnesiakarbonat in Kalksteine entstanden sein; man bezeichnet diesen Vorgang als Dolomitisirung.

Die technische Verwendung des Dolomites gleicht derjenigen des Kalkes. Politurfähige Arten wurden als Marmore zu Statuen schon im Altertum gebraucht. Der grössere Widerstand gegen Verwitterung (vergl. die Löslichkeit durch kohlensäurehaltiges Wasser) gibt dem Dolomit in manchen Fällen einen gewissen Vorzug bei Hoch- und Wasserbauten, Denkmälern, Brunnen, Kapitälen u. s. w., vor dem Kalkstein, ebenso auch seine grössere Härte. Alpine Vorkommen und solche des fränkischen Jura (Umgebung von Neuburg a. D.) wurden und werden daher viel im mittleren und südlichen Europa benützt (Festungsbauten von Ingolstadt). Die Druckfestigkeit [2] wurde bestimmt beim Dolomit von Viesenhofen bei Beilngries (Bayern) zu 1000 kg, von Holzen bei Holzminden (Braunschweig) zu 871 kg, von Wiershausen bei Seesen (Hannover) zu 1050 kg pro 1 qcm. Der Holzener Dolomit nimmt 5,27 % seines Gewichtes an Wasser auf [2]. In Ermangelung härterer Materialien wird der Dolomit auch zu Treppenstufen, Pflastersteinen und Kleinschlag verarbeitet. Natürlich nützt sich Dolomit bei diesen Verwendungsarten rascher ab als ein Eruptivgestein, immerhin aber weniger als Kalk. Seine Bedeutung für die Mörtelbereitung ist geringer als die des Kalkes. Wohl werden manche Arten zu Weisskalk und thonreichere oder Dolomitmergel unter Umständen als Wassermörtel benützt; auch als Zusatz zum gelöschten Kalk an Stelle von Sand findet der Dolomitsand Verwendung. Gebrannter und abgelöschter Dolomit erhärtet an der Luft rascher und wird fester als Kalk; dabei vergrössert er sein Volumen wie der Gips. Von den Atmosphärilien wird Dolomitmörtel schwerer angegriffen als Kalkmörtel [3]. Schwere zähe Böden werden mit Dolomitasche verbessert, um ihre Durchlässigkeit zu erhöhen. Düngung mit gebranntem Dolomit weist auf leichtem, sandigem Boden grösseren, auf schwerem, zähem Thonboden dagegen geringeren Erfolg auf, ebenfalls ein Ergebnis seiner geringeren Löslichkeit durch die Atmosphärilien [4]. Der Dolomit wird auch zur Kohlensäurebereitung verwendet.

Litteratur: [1] Zirkel, Lehrbuch der Petrographie, 2. Aufl., Bd. 3, S. 490—510. — [2] Koch, H., Die natürlichen Bausteine Deutschlands, Berlin 1892, S. 42. — [3] Stein, Sitzungsbericht der niederrhein. Gesellsch. für Natur- u. Heilkunde, Bonn 1895, S. 31. — [4] Ullmann, M., Kalk und Mergel, Berlin 1893, S. 87.

Leppla.

Dolomitasche, Dolomitisirung, Dolomitmergel, Dolomitsand, Dolomitspat, s. Dolomit.

Dom, vom lat. domus, Haus, demnach ursprünglich jedes Gotteshaus; später verstand man darunter bloss die bischöfliche Hauptkirche (Kathedrale). In der Renaissancezeit wurde der Name von dem bei solchen Kirchen üblichen Kuppelgewölbe (dôme) auf den ganzen Bau übertragen. In Deutschland pflegt man jede bischöfliche Hauptkirche einen Dom zu nennen, die von einem Weltpriester-Kollegium verwaltet wird, Münster dagegen jene Kirche, die einem Kloster angehört. *von Schubert-Soldern.*

Domanikschiefer wird in der Geologie ein sehr mächtiges, dem Ober-Devon angehöriges Schichtensystem an der Uchta, im nördlichsten Ural, genannt, welches aus dünngeschichteten, dunkelbraunen bis sammetschwarzen Brandschiefern besteht, die einen durch Entweichen von Bitumen entstehenden Glühverlust von 48 % zeigen und demnach technische Bedeutung besitzen.

Litteratur: Keyserling, Wissensch. Beobacht. auf einer Reise durch das Petschoraland, 1846.

Leppla.

Domestics, Baumwollzeuge, s. Weberei.

Domit, s. Trachyt.

Domvulkane. Ein vulkanischer Ausbruch entsteht, wenn das subterrane Magma, ein stark durchwässerter Glutbrei von Silikaten, sich durch eine bereits

bestehende oder erst neugebildete Oeffnung den Durchbruch an die Oberfläche erzwingt. Je nachdem aber dieser Prozess von Explosionen des beigemengten überhitzten Wasserdampfes begleitet ist oder nicht, entstehen zwei sehr verschiedene Arten von Vulkanen. Aus den fein verteilten und jäh in die Luft geschleuderten Emissionsprodukten baut sich ein Stratovulkan oder Streukegel auf, während die ruhig und majestätisch austretende Lava in Gestalt von Decken, Mänteln, Stücken und Quellkuppen erhärtet. Diese letzteren pflegt man Domvulkane oder auch, insofern ihre Masse durch die ganze Erhebung hindurch eine einheitliche ist, homogene Vulkane zu benennen. In geschichtlicher Zeit ist die Bildung von Domvulkanen noch nicht sicher beobachtet worden und es scheinen die jüngsten Gebilde dieser Art der späteren Tertiärzeit (dem Miozän) anzugehören. Nicht alle Laven haben die gleiche Tendenz zur Aufschüttung von Quellkuppen, die zähflüssigen, trachytischen und phonolithischen Massen z. B. weit mehr als die dünnflüssigen basaltischen. In Deutschland liefern vorzügliche Paradigmen homogener Vulkane die Eifel und das Siebengebirge; ferner gehören hierher der Rauhe Kulm in Oberfranken, das Vogelsgebirge und die merkwürdigen Phonolithhügel des Höhgaus (Hohentwiel, Hohenkrähen u. s. w.). Hierher sind ferner zu rechnen die sogen. Batholithe (*βάϑος*, Tiefe) und Lakkolithe (*λάκκος*, Höhle). Das aufstrebende Magma hat in manchen Fällen die Oberfläche nicht erreicht und ist allmälich gangartig erstarrt; wenn dann das umgebende, weniger widerstandsfähige Sedimentgestein durch Erosion und Denudation weggeschafft wurde, so ragt der batholithische Lavastrunk als isolirter Ueberrest in die Höhe. Zumal der Granit tritt vielfach batholithisch auf. Fand jedoch die feurigflüssige Masse bei ihrer Intrusion keinen fertigen Schlot vor, so trieb sie die hangenden Schichten blasenförmig auf; gelang es, diese zu sprengen, so entstand ein gewöhnlicher Domvulkan, aber wenn dazu die Kraft fehlte, so bildete sich unter den aufgetriebenen Schichten ein Lakkolith, dessen Bestandteile den durch das Ausweichen des weicheren Sedimentgesteines sich öffnenden Hohlraum erfüllten. Auch ein Lakkolith kann, wenn die erodirenden Faktoren bis an seine Oberfläche gelangt sind, dem Auge sichtbar werden und ist dann von einem gewöhnlichen homogenen Vulkane kaum zu unterscheiden.

Litteratur: [1] K. v. Seebach, Vorläufige Mitteilungen über die typischen Verschiedenheiten im Bau der Vulkane und deren Ursache, Zeitschr. d. deutsch. geolog. Gesellsch., Bd. 18, S. 643 ff. — [2] Geikie, The Lava-Fields of North-Western Europe, Nature, Bd. 28, S. 3 ff. — [3] v. Richthofen, Führer für Forschungsreisende, Berlin 1886, S. 569 ff. — [4] E. Suess, Das Antlitz der Erde, Abt. 1, Prag-Leipzig 1883, S. 190 ff. — [5] Günther, Gedanken über das Wesen des Vulkanismus, Jahrg. 65, S. 609 ff.

Günther.

Donarium, Raum im Tempel für die Aufstellung der Weihgeschenke, später s. v. w. Kirche.

Donauregel, s. Schiffsvermessung.

Dongolaleder ist eine namentlich aus Nordamerika kommende Lederspezialität, die als Ersatz für das gegen Nässe sehr empfindliche Kidleder dient. Diese Lederart ist nach der afrikanischen Stadt Dongola benannt, welche aber zu dieser amerikanischen Erfindung in keiner Beziehung steht. Zur Herstellung von Dongolaleder werden namentlich Schaf- und Ziegenfelle, aber auch Kalbfelle und gespaltene Rindshäute verwendet, die zunächst weissgar und dann mit Pflanzengerbstoffen lohgar gemacht werden. Als Pflanzengerbstoffe werden hierzu vorzugsweise Gemische von Katechu, Myrobalane, Valonea und Sumach benützt. Nach dem Gerben werden die Felle geschmiert und geschwärzt. Dongolaleder findet Verwendung als besseres Schuhoberleder. *Pässler.*

Donjon, die festen, viereckigen Türme, welche die Normannen bei ihren Eroberungszügen in Frankreich errichteten (s. Burg, Bd. 2, S. 785, Fig. 3, Burg Loches). Später pflegte man auch kleine Türme, die auf einem grösseren Turme oder sogar auf einem Wohnhaus aufsitzen, ebenso zu nennen.

Donkey, s. Schiffskessel.

Donlage, Donlägig, s. Tonnlage, Tonnlägig.

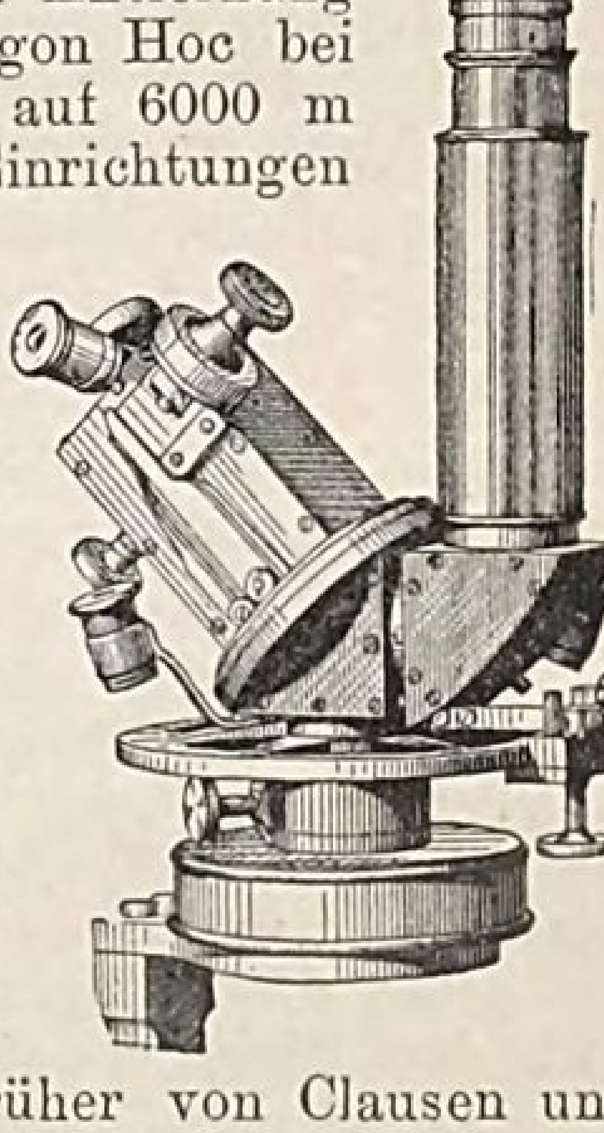
Donner, das den Blitz begleitende Geräusch, hervorgerufen durch die längs der Funkenbahn stattfindende Ausdehnung und das darauf folgende Zusammenschlagen der Luft.

Der geringen Geschwindigkeit des Schalles gegenüber derjenigen des Lichtes entsprechend, hören wir den Donner später als wir den Blitz wahrnehmen und vermögen aus der zwischen Blitz und Donner liegenden Zeit die Entfernung der Gewitterwolken annähernd mit 1 km pro 3 Sekunden zu berechnen. Der ungleichen Leitungsfähigkeit der vom Blitz durcheilten Luftschichten und hierdurch bedingten Zickzackform der Funkenbahnen, wie der ungleichen Dichtigkeit der vom Schall durcheilten Schichten ist das Rollen des Donners zuzuschreiben, den wir bei fernem Gewitter vernehmen, während der nahe Blitz meist von einem starken Knall begleitet auftritt. *Grossmann.*

Doppelbahn, eine unzweckmässige, weil leicht misszuverstehende Bezeichnung für eine zwei- (oder vier-?) gleisige Eisenbahn.

Doppelbildmikrometer sind Mikrometer (d. h. Apparate zur genauesten Messung kleiner Winkel oder Strecken) in einem Fernrohr, die zur Messung der Winkelgrösse des im Fernrohr erscheinenden Bildes eines Gegenstandes die Verdoppelung dieses Bildes benützen. Sie sind sowohl an geodätischen als an astronomischen Messfernröhren im Gebrauch; das wichtigste ist das sogen. Heliometer (oft wird Heliometer und Doppelbildmikrometer synonym gebraucht), das seinen Namen von dem Gebrauch zur Messung des Sonnendurchmessers hat und die Bildverdoppelung dadurch erzielt, dass das Objektiv des Fernrohrs durch einen Durchmesserschnitt halbirt ist und dass jede Hälfte durch eine feine Mikrometerschraube an der andern Hälfte verschiebbar ist; vergl. Ausführlicheres beim Art. Heliometer (s. a. Distanzmesser Bd. 3, S. 338).

Dieselbe Einrichtung wie bei dem astronomischen Heliometer, Zerschneiden des Objektivs in zwei gegen einander verschiebbare Hälften (Dollonds Prinzip) hat man auch distanzmessenden geodätischen Fernröhren gegeben, den sogen. Mikrometerfernröhren, z. B. dem Distanzmesser von Schaub (oder Rogers Mikrometerfernrohr), die in der Nautik bei Küstenaufnahmen gerne gebraucht werden und auf Beobachtung des kleinen Winkels beruhen, unter dem eine Strecke von bekannter Länge, z. B. Masthöhe eines Schiffs, erscheint; die zum Aneinanderstossen der beiden Bilder (Bildverdoppelung) erforderlichen Mikrometerschraubendrehungen zur Verschiebung der einen Objektivhälfte geben das Mass jenes mikrometrischen Winkels und damit zugleich die Entfernung [1]. Ein anderes Prinzip eines Doppelbildmikrometers ist die Einschaltung einer zerschnittenen Linse zwischen Objektiv und Okular, wie es Amici versuchte; wichtiger ist endlich der Versuch, die Bildverdoppelung durch Zerschneiden des Okulars selbst zu erzielen (zuerst von Ramsden versucht, befriedigend erst von Airy gelöst) [2]. Aber auch auf ganz anderem Wege als durch Zerschneiden einer Linse des Fernrohrs kann die Bildverdoppelung erreicht werden, nämlich durch Ablenkung des Lichtstrahls: nach Rochon (1777) kann man ein geodätisches Mikrometerfernrohr durch Einsetzen eines doppelten Quarzprismas, das der Länge des Fernrohrs nach verschiebbar ist, erhalten [3], und Arago hat ein solches Mikrometer auch an astronomischen Fernröhren benützt. Rochons Idee ist neuerdings, wenn auch in abgeänderter Form, vielfach wieder aufgenommen worden, z. B. in den (Basisschienen-) Distanzmessern von De Peigné, die zur Messung der Entfernung von Schiffen bei der Küstenverteidigung bestimmt und z. B. im Polygon Hoc bei Havre aufgestellt sind [4] (das eine fest aufgestellte Instrument soll auf 6000 m Entfernung einen Maximalfehler von 100 m haben) und viele ähnlichen Einrichtungen (vergl. die Art. Distanzmesser). Das distanzmessende Fernrohr von Richards ist wohl die bisher beste Konstruktion eines geodätischen Prismendistanzmessers (Doppelbildmikrometers): ein astronomisches Glasprisma von sehr kleinem Winkel ist so vor das Objektiv des Fernrohrs gesetzt, dass dieses halb bedeckt wird, die andere Hälfte frei bleibt [5].



Ein neueres astronomisches Doppelbildmikrometer von Steinheils Söhnen in München sei noch genannt; beistehende Figur gibt die äussere Ansicht. Die Bilder werden durch zwei rechtwinkelige Prismen erzeugt, von denen jedes um seine Axe gedreht werden kann (durch Mikrometerschraube mit Trommel messbar), die Lichtbündel bleiben im Gegensatz zu den anderen Heliometern bei allen Winkeln zentrisch [6]. Endlich sei noch erwähnt, dass Poynting neuerdings wieder auf ein einfaches Doppelbildmikrometer (für astronomische und für geodätische Zwecke brauchbar) hingewiesen hat, das Planparallelplattenmikrometer, das früher von Clausen und von Porro vorgeschlagen worden war und das auch Helmholtz in seinem Ophthalmometer benützt hat [7]—[9].

Litteratur: [1] Eingehende Beschreibung mit Abb. z. B. in dem Handbuch der naut. Instrumente (amtlich), 2. Aufl., Berlin 1890, S. 354—357 und S. 360—362. — [2] Greenwich Observations 1840; später verbessert: On a new construction of the divided eye-glass micrometer, Mem. of the astron. society 1846, ferner: Kaiser, Untersuchung des Airy'schen Doppelbildmikrometers, Annalen der Leydener Sternwarte, 3. Bd., 1872. — [3] Einrichtung z. B. angedeutet in dem oben genannten Handbuch der nautischen Instrumente, S. 352—354. — [4] Engineering 1890, May 30., S. 642 ff. — [5] Richards, Journal Assoc. of Engin. Societies, Bd. 13, (1894), Nr. 1; Notiz von Hammer in Zeitschr. f. Instr.-Kunde 1895, Februar. Vergl. dazu auch Baggi, Sopra un Cannocchiale pel Rilevamento colla Stadia, Rivista di Topografia,

Bd. 5, Nr. 8 (Febr. 1893), S. 125—129. — [6] Vergl. Zentralztg. f. Optik u. Mechanik, 6. Jahrg. (1885), Nr. 13. — [7] Clausen, Astron. Nachr., Nr. 95, 96, (Bd. 18, 1841). — [8] Porro, C. R., Bd. 41 (1855, I), S. 1058. — [9] Poynting, Monthly Notices, Bd. 52 (1892), S. 556, Zusatz Bd. 53 (1893), S. 330. *Hammer.*

Doppelbindung nimmt man in denjenigen Kohlenstoffverbindungen an, welche mehrere, mindestens zwei Kohlenstoffatome in der Molekel enthalten, die benachbart stehen und nur je zwei Valenzen anderweitig gesättigt haben, so dass gemäss der Vierwertigkeit der Kohlenstoffatome, die gegenseitige Bindung nicht nur mit einer, sondern zwei Valenzen bewirkt wird. Nach dem einfachsten Repräsentanten, dem Aethylen ${}^{H}_{H}{>}C = C{<}^{H}_{H}$ heissen derartige Bindungen auch Aethylenbindungen. Die Doppelbindung entspricht jedoch keineswegs einer stabileren Verknüpfung als die einfache, sondern komplizirtere Kohlenstoffketten werden bei gewaltsamen chemischen Eingriffen gerade mit Vorliebe an der Stelle der Doppelbindungen gesprengt. Vermöge der Leichtigkeit, mit der die Doppelbindungen in einfache übergehen, wenn den betreffenden Kohlenstoffatomen fremde Atome zur Sättigung einer weiteren (dritten) Valenz geboten werden, verleihen sie den Verbindungen den Charakter von ungesättigten. *Abegg.*

Doppelboden, s. Drainageeinrichtung, Schiffbau.

Doppelbrechung. Homogene Körper können trotz der gleichartigen Beschaffenheit in allen ihren Teilen noch verschiedenes physikalisches Verhalten in verschiedenen Richtungen zeigen; es kann bei Zug oder Druck der einen Richtung im Körper ein anderer Elastizitätsmodulus entsprechen als der andern, es kann in der einen Richtung der Ausdehnungskoefficient, die Wärmeleitungsfähigkeit anders sein als in einer andern Richtung. Solche Körper heissen anisotrop oder heterotrop, zum Unterschied von den nach allen Richtungen gleich beschaffenen, den isotropen Körpern.

Alle Kristalle, soweit sie nicht dem regulären Kristallsystem angehören, sind anisotrop; daraus geschnittene Platten zeigen mit Ausnahme bestimmter Richtungen des Schnitts nach zwei auf einander senkrechten Axen eine grösste und kleinste Wärmeleitungsfähigkeit, wie die schönen Versuche von Sénarmont beweisen [1]. Infolge der Ungleichheit der Ausdehnung je nach der Richtung der Axen ändern sich auch die Winkel der Kristallflächen beim Erwärmen. Die kristallographischen Hauptaxen sind auch die Axen der Anisotropie. Als Bild für diese kann man die mit der Richtung veränderliche physikalische Eigenschaft durch die verschiedene Länge der Mittelpunktstrahlen einer um einen Punkt des Innern beschrieben gedachten Fläche mit drei auf einander senkrechten Symmetrieebenen darstellen. Diese Fläche, welche in den isotropen Körpern selbstverständlich eine Kugelfläche ist, wird für das hexagonale und quadratische Kristallsystem zur Rotationsfläche, für alle anderen Kristallsysteme zu einem dreiaxigen Ellipsoid oder einer diesem verwandten Fläche mit drei zu einander senkrechten ungleichen Axen.

Auch die Fortpflanzung des Lichtes wird durch die Heterotropie beeinflusst, teils insofern, dass in den drei Hauptrichtungen die Absorption verschieden ist (s. Dichroismus), teils insofern, dass die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Lichts je nach der Richtung, in welcher innerhalb eines Kristalls die Lichtschwingungen erfolgen, verschieden ist. Dadurch entstehen die Erscheinungen der Doppelbrechung. Wir wollen ohne analytische Entwicklungen (vgl. darüber [1]) eine geometrische Veranschaulichung der Gesetze geben.

Man denke sich zunächst einen langen runden Stab aus Tannenholz, dessen durch die Jahresringe gebildete Schichten alle parallel einem ebenen Axenschnitt des Stabes gelagert sind. Der Stab zeigt in Richtung der Schichtung einen grösseren Widerstand gegen Verbiegung als in dazu senkrechter Richtung. Hätte der Stab rings um die Axe gleiche Verbiegungselastizität, so würde ein gegen das eine Ende in schiefer Richtung geführter Hammerschlag im Stabe zwei Stosswellen erzeugen, eine Longitudinalwelle oder Verdichtungswelle, welche sich dem Stabe entlang fortpflanzen würde, und eine Transversalwelle oder Verbiegungswelle, welche ebenfalls, aber mit kleinerer Geschwindigkeit als die vorige, sich vom einen zum andern Ende des Stabes fortpflanzen würde. Infolge der verschiedenen Verbiegungselastizität des Stabes spaltet sich nun aber der Schlag im allgemeinen in drei Komponenten und neben der Longitudinalwelle gehen nun dem Stabe entlang zwei Transversalwellen mit zu einander senkrechten Schwingungsrichtungen und ungleichen Geschwindigkeiten, denn nach dem Gesetze (vgl. Wellenbewegung) $c = a\sqrt{\frac{e}{d}}$, worin c die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Welle, e und d die Elastizität und Dichte des Mittels messen, a eine Konstante ist, pflanzt sich die zur Schichtung senkrechte Stosskomponente langsamer fort, als die den Schichten parallele. In den Erscheinungen der Optik treten nun nur Transversalwellen auf; es sind keine Longitudinalwellen, keine Erscheinungen einer Tripelbrechung des Lichts beobachtet. Die periodischen Veränderungen elektrischer bezw. magnetischer Spannung des Lichtäthers, in welchen die Licht-

schwingungen bestehen, erfolgen nur in zum Strahl senkrechten Richtungen, selbst wenn die neuentdeckten X-Strahlen Roentgens longitudinale Aetherwellen darstellen sollten, so haben diese doch keine direkten optischen Wirkungen. Innerhalb eines anisotropen Kristalls hat auch der Lichtäther eine anisotrope Beschaffenheit; es sind im allgemeinen in jeder Richtung durch den Kristall zwei Lichtwellensysteme möglich mit zu einander senkrechten Ebenen der Polarisation (s. Polarisation des Lichts). Nach den Theorien von Fresnel [3] und von F. Neumann [4] sind die Lichtschwingungen Elastizitätsschwingungen und die Schwingungsebene entweder senkrecht zur Polarisationsebene oder mit ihr zusammenfallend. Die Einführung dreier Hauptaxen, deren Längen die Quadrate der Elastizitätsmodule messen, führt auf die sogen. Elastizitätsfläche als Bild des elastischen Verhaltens nach verschiedenen Richtungen. Wir können uns, ohne eine Hypothese über die Schwingungsrichtung zu bevorzugen, des von Cauchy eingeführten Polarisationsellipsoids bedienen, welches zur Elastizitätsfläche in sehr inniger Beziehung steht. Seine Radien sind bei geeigneter Wahl der entsprechenden Axen beider Flächen die reziproken Werte der Radien jener Fläche. Zu jeder Strahlrichtung innerhalb des anisotropen Mittels gehören im allgemeinen zwei zu einander senkrechte Richtungen möglicher Polarisation des Strahls und jeder dieser Polarisationsrichtungen entspricht ein besonderer Wert der Fortpflanzungsgeschwindigkeit entlang dem Strahl.

Um einen beliebigen Punkt im Innern eines Kristalls denken wir uns (Fig. 1 zeigt in der Mitte einen Oktanten des Ellipsoids), das Polarisationsellipsoid konstruirt mit den Halbaxen $OA = a$, $OB = b$, $OC = c$, $a > b > c$, deren Längen denjenigen Geschwindigkeiten umgekehrt proportional sein sollen, mit welchen sich Lichtwellen fortpflanzen, denen diese Axen als Richtungen der Polarisation der dazu senkrechten Strahlen zugehören. Diese Grössen a, b, c sind (vgl. Brechung) den Brechungsquotienten der zu ihnen senkrechten und ihrer Richtung parallel polarisirten Strahlen direkt proportional. Die

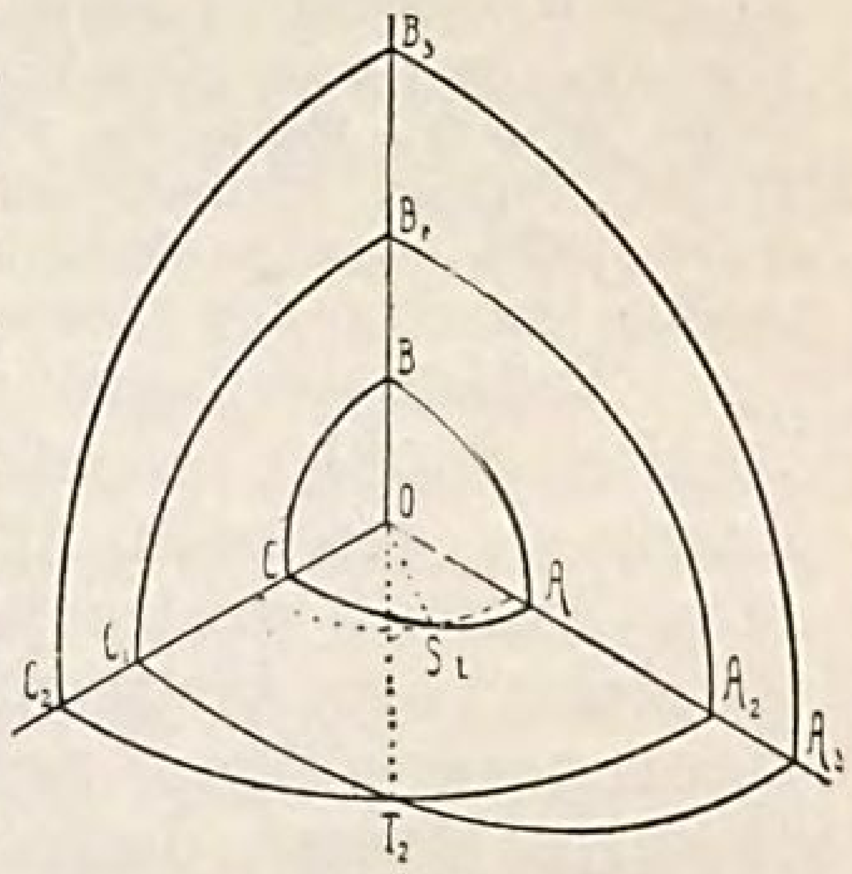


Fig. 1.

Werte $\frac{1}{a}$, $\frac{1}{b}$, $\frac{1}{c}$ sind die Masse der Geschwindigkeiten. In einer gegebenen Zeit t wird sich eine Lichtwelle entlang der Axe OA, wenn sie parallel OB polarisirt ist, um die Weglänge $OA_2 = \frac{t}{b}$ fortpflanzen, dagegen um $OA_3 = \frac{t}{c}$, falls sie entlang OC polarisirt ist. Ebenso entsprechen Strahlen in den Richtungen OB und OC als Weglängen in der Zeit t die Längen OB_1 und OB_3 resp. OC_1 und OC_2 je nach der Richtung ihrer Polarisation. Für eine beliebige Strahlrichtung von O aus ergeben sich die Weglängen zur Zeit t, wenn man senkrecht zur Strahlrichtung einen ebenen Schnitt durch O legt und in der Schnittellipse die Hauptaxen aufsucht. Die Richtungen und die reziproken Längen dieser Axen bestimmen die Polarisationsebenen und die Fortpflanzungsgeschwindigkeiten entlang dem Strahl. Auf diese Weise erhält man als Endpunkte der verschiedenen Weglängen die Punkte einer Doppelfläche, der Fresnel'schen Wellenfläche, von welcher unsere Figur ein Bild gibt, indem sie die Schnitte eines Oktanten der Fläche mit den drei Hauptebenen darstellt. Drei der Schnitte sind Kreisquadranten, die anderen drei Ellipsenquadranten. Beschreibt man in der Ebene AOC einen Kreis um O mit b, so schneidet dieser die Ellipse AC in vier paarweis diametralen Punkten S_1, S_2, S_1', S_2'. Sowohl der durch OB und S_1S_1' gelegte ebene Schnitt, als der durch OB und S_2S_2' gelegte schneiden das Ellipsoid nach Kreisen. Die beiden zu den Ebenen dieser Kreise senkrechten Strahlen schneiden die Wellenfläche in vier Punkten T_1, T_2, T_1', T_2', in welchen der innere und äussere Mantel der Wellenfläche in einander übergehen wie der Mantel eines Kegels und seines Scheitelkegels. Der äussere Mantel ist in den Punkten T trichterförmig vertieft. Die zwei Richtungen OT_1 und OT_2 heissen die optischen Axen des Kristalls; entlang diesen Richtungen geht ein Lichtstrahl ohne Spaltung in zwei senkrecht zu einander polarisirte Komponenten durch, die Fortpflanzungsgeschwindigkeit ist für beliebige Richtungen der Polarisation solcher Strahlen dieselbe. — Kommt der Wert der Axenlängen b entweder dem Werte a oder dem Werte c nahe, so kommt umgekehrt die Richtung der optischen Axen entweder der Richtung c oder der Richtung a nahe; wird $b = a$ oder $b = c$, so fallen beide optische Axen in eine Axe zusammen, die Wellenfläche besteht alsdann aus zwei sich berührenden Flächen, einer Kugel und einem Rotationsellipsoid. Diese Gestalt hat die Wellenfläche in den Kristallen des quadratischen und des hexagonalen Kristallsystems. Diese Kristalle heissen optisch einaxig zum Unterschied von denjenigen Kristallsystemen, deren Symmetrie keine Hauptaxe bietet, um welche herum gleiche Gesetzmässigkeit in verschiedenen Richtungen besteht, den optisch zweiaxigen. Je nachdem bei den einaxigen Kristallen das Ellipsoid die Kugel umschliesst ($b = e$), oder die Kugel das Ellipsoid $b = a$, wobei in beiden Fällen die Rotationsaxe des Ellipsoids Durchmesser der Kugel ist, unterscheidet man negativ einaxige (Kalkspat, Turmalin u. a.) und positiv einaxige (Quarz, Zirkon u. a.).

Für den Uebergang des Lichts aus der Luft oder einem andern isotropen Mittel in ein anisotropisches Mittel erleidet das gewöhnliche Gesetz der Brechung eine wesentliche Veränderung. Während beim Uebergang des Lichtes aus einem isotropen Mittel in ein anderes isotropes an der Grenzfläche der Strahl sich in einen reflektirten und einen gebrochenen spaltet, die mit dem einfallenden Strahl und dem Einfallslot in einer Ebene bleiben, so findet an der Grenzfläche eines

anisotropen Mittels eine Spaltung in 3 Strahlen statt, einen reflektirten und zwei gebrochene, beide letztere wegen der verschiedenen Brechungsquotienten verschiedener Richtung und im allgemeinen der eine oder beide aus der Einfallsebene heraustretend.

Fig. 2 zeigt um einen Punkt der Schnittfläche eines zerschnittenen Kalkspatkristalls die ins Innere des Kristalls fallende Hälfte der Wellenfläche bezw. deren Schnitt mit der Einfallsebene konstruirt, diese Fläche in solcher Ausdehnung, dass in derselben Zeit t, in welcher eine ebene Lichtwelle AB in der Luft die Weglänge BC zurücklegen würde, die beiden von A aus sich im Kristall ausbreitenden Wellen an die Oberfläche der Wellenfläche gelangen. Nach der Zeit t bilden sich aus der ebenen Welle AB in der Luft die ebenen Wellen CE und CO im Kristall, denen als Strahlrichtungen in der Luft der Strahl SA, im Kristall die Strahlen AE und AO entsprechen. Die Punkte E und O erhält man, wenn man durch C senkrecht zur Einfallsebene (Zeichnungsebene) Berührungsebenen an die zwei Teile der Wellenfläche legt, an die Kugel und die Ellipse. Der Strahl AO folgt den Gesetzen der gewöhnlichen Brechung, er liegt immer in der Einfallsebene, er heisst der ordinär gebrochene Strahl. Nicht so der Strahl OE. Der Berührungspunkt E fällt nur dann in die Einfallsebene, wenn auch die Hauptaxe der Wellenfläche in der Einfallsebene liegt, die Hauptaxe des Kristalls der Einfallsebene parallel ist. Der Strahl OE heisst der extraordinäre Strahl. Bei den zweiaxigen Kristallen sind beide Strahlen extraordinär gebrochen, da im allgemeinen beide von C an die Wellenfläche gelegte Berührungsebenen Berührungspunkte ausserhalb der Einfallsebene ergeben. In einem ganz besonderen Fall entstehen sogar mehr als zwei gebrochene Strahlen, dann nämlich, wenn die von C aus gelegte Berührungsebene die Wellenfläche rings um den Punkt T (Fig. 1) nach einem geschlossenen Kreise berührt; der von A ausgehende Strahl spaltet sich dann in einen Strahlenkegel, es ist das der Fall der konischen Refraktion, welche von Hamilton theoretisch gefolgert, von Lloyd [5] experimentell nachgewiesen wurde.

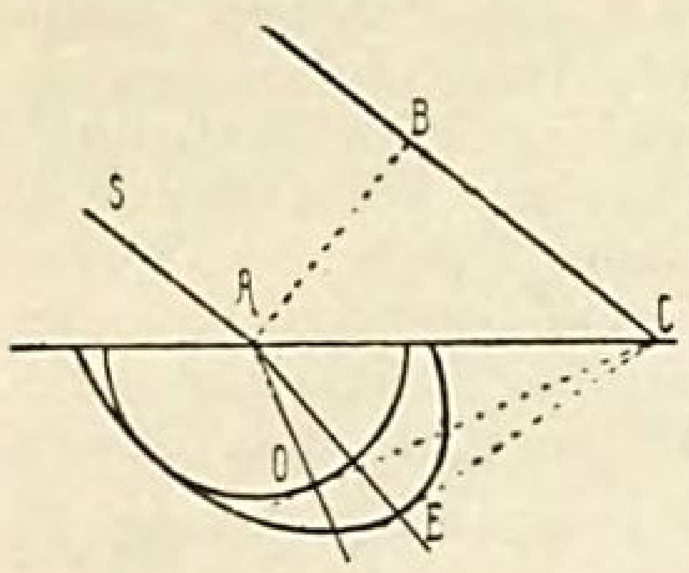


Fig. 2.

Infolge der Spaltung des in ein doppelbrechendes Mittel eintretenden Strahls in zwei Strahlen verschiedener Richtung zeigen diese Mittel doppelte Bilder der durch sie gesehenen Objekte. Bei planparallelen Platten werden die Strahlen beim Austritt wieder parallel; der Abstand zweier zusammengehörigen Strahlen ist daher der Plattendicke proportional. Bei Prismen dagegen verlassen die zusammengehörigen Strahlen die Austrittsfläche in divergenten Richtungen. Rochons Prisma, durch Verbindung zweier Prismen mit zu einander senkrechten Richtungen der optischen Axe achromatisch gemacht, dient, zwischen Objektiv und Bildebene eines Fernrohrs eingeschaltet, als Mikrometer und als Distanzmesser [6]. Je mehr innerhalb des Rohrs das Prisma gegen das Objektiv verschoben wird, um so weiter treten im Sehfeld die zwei Bilder eines Punktes aus einander. Die Doppelbrechung bietet bequeme Mittel zur Herstellung von Polarisatoren und Analysatoren der Polarisationsapparate (s. Polarisation des Lichts).

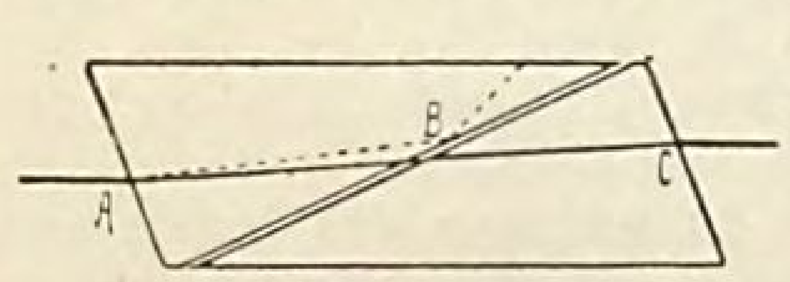


Fig. 3.

In dem Nicol'schen Prisma (Fig. 3) ist ein Kalkspatkristall derart schief durchschnitten und sind die zu den durchgehenden Strahlen schiefen Schnittflächen unter Zwischenbringen einer Schicht einer schwächer brechenden Substanz (Kanadabalsam, Luft) einander wieder genähert, dass die stärker gebrochenen ordinären Strahlen (Strahl AB der Figur) an der Zwischenschicht eine totale Reflexion erfahren, die extraordinären Strahlen (Strahl AC), aus dem Prisma austretend, eben polarisirtes Licht liefern. Polarisirtes Licht, welches durch das Prisma geleitet wird, geht durch, wenn die Polarisationsebene mit derjenigen des extraordinären Strahls übereinstimmt, nicht aber, wenn sie diejenige des ordinären Strahls ist. Beim Drehen des Nikols um den Strahl als Axe erhält man mit polarisirtem Lichte abwechselnd helles und dunkles Feld. Eine Platte aus schwarzem Turmalin, entlang der Kristallaxe geschliffen, liefert ohne weiteres polarisirtes Licht, da sie den einen der beiden Strahlen absorbirt; in der Turmalinzange zeigen die parallel gestellten Platten helles, die gekreuzten Platten dunkles Gesichtsfeld.

Nicht bloss Kristalle, auch amorphe Körper können anisotrop sein und Erscheinungen der Doppelbrechung zeigen, wie z. B. Gläser, wenn sie in der einen Richtung gepresst werden oder wenn sie einer ungleichmässigen Abkühlung unterworfen wurden. Der Doppelbrechung unterliegen nicht nur die Strahlen bezw. Wellen des Lichts, sondern auch diejenigen der Wärme [7], die elektrischen Wellen der Hertz'schen Versuche [8] und selbst die Stosswellen der Erdbeben, welche im Innern der Erdkruste zum Teil eine Tripelbrechung erfahren [9], nicht aber die Wellen des Schalls, weil diese als Verdichtungs- und Verdünnungswellen nicht durch Transversal-, sondern durch Longitudinalschwingungen gebildet werden.

Litteratur: [1] De Sénarmont, Pogg. Ann., Bd. 74 u. 75, 1848. — [2] V. v. Lang, Einleitung in die theoret. Physik, S. 831—868, Braunschweig 1891. — [3] Fresnel, Pogg. Ann., Bd. 23, S. 372—494, 1831 (Mém. de l'Acad., tome 7, 1827). — [4] Neumann, Theorie der dopp. Strahlenbrechung, Pogg. Ann., Bd. 25, 1832. — [5] Hamilton, Pogg. Ann., Bd. 28, 1833, Lloyd ebenda. — [6] Müller-Pfaundler, Lehrbuch der Physik und Meteorologie, Bd. 2, S. 523, 8. Aufl., Braunschweig 1879. — [7] Knoblauch, Pogg. Ann., Bd. 74, 1848. — [8] K. Mack, Wiedem. Ann., Bd. 54, 1895. — [9] A. Schmidt, Bericht über die 27. Versammlung des oberrhein. geolog. Vereins, Stuttgart 1894. *Aug. Schmidt.*

Doppelbrücke, s. Widerstand, elektrischer.

Doppeldiele, s. Bohle.

Doppeldurchlass, auch wohl Zwillingsdurchlass genannt, Durchlass mit zwei neben einander (oder über einander) gelegenen Durchflussöffnungen.

Doppeleisen, s. Hobel.

Doppelexzentrik besteht aus zwei auf einer Welle exzentrisch befestigten Kreisscheiben, durch welche zwei Exzenterstangen (s. d.), wie z. B. bei den Umsteuerungen (s. d.), bewegt werden. S. Exzenter.

Doppelfalz, vgl. Blechbearbeitung.

Doppelfenster (Winterfenster, auch Vorfenster), ein zweites, entweder vor oder hinter dem Hauptfenster einzustellendes Fenster, dient dazu, den Wärmezustand eines geheizten Raumes möglichst zu erhalten; durch die zwischen beiden Fenstern gebildete Luftschicht wird der zu rasche Ausgleich der äussern und innern Temperatur verhindert, sowie auch ein besserer Schutz gegen Luftzug, Staub etc. erreicht. Im Sommer ist dies Doppelfenster wegzunehmen. Dessen Anordnung ist mannigfach: 1. als Vorfenster ausserhalb im Ladenfalz der Fenstergewände eingestellt, von leichtem, aber harzreichem Tannenholz erstellt, wird entweder als Schiebefenster (s. d.) oder mit 1—2 beweglichen Flügeln ausgebildet, letztere nach innen oder nach aussen aufgehend. 2. als Winterfenster, hinter dem Hauptfenster in einer gemeinsamen Futterrahme angebracht. Dabei ist zu beachten, a. dass die hinter einander liegenden Flügel beim Oeffnen sich flach auf einander legen, um Verbruch der Scheiben zu vermeiden. b. Dass die Sprossen und Querhölzer möglichst wenig Licht wegnehmen, also auf einander passen. 3. Bei sehr grossen Fensteröffnungen mit starkem Rahmwerk kann eine Doppelverglasung (etwa 4—5 cm Luftschichte) von Vorteil sein oder aber einzusetzende Rahmen, welche das zweite Glas aufnehmen (gut wegen Reinigung der Scheiben).

Litteratur: [1] H. Strack und F. Hitzig, Der innere Ausbau von Wohngebäuden, Berlin. — [2] Baukunde des Architekten, Berlin, Bd. 1, 2. Teil, S. 645 ff. *Weinbrenner.*

Doppelfeuer, die nichtamtliche Bezeichnung für Leuchtfeuer, welche zwei Lichter von derselben Farbe entweder senkrecht über oder neben einander (wie z. B. auf Feuerschiffen) zeigen. In ersterer Art werden sie hauptsächlich zu Hafenfeuern, Richtfeuern etc. benützt. Im amtlichen Sprachgebrauch sagt man statt „Doppelfeuer": „zwei etc. Feuer". Vergl. Leuchtfeuer.

Doppelflanell, ein einst als Beinkleidstoff beliebtes, nach Art der Ridderminster-Teppiche aus Streichgarn erzeugtes, mit kleinen flammenartigen Zeichnungen gemustertes, der Tuchfamilie angehörendes Gewebe; s. Tuchfabrikation.

Doppelform nennt man die beim Schöpfen des Handpapieres verwendete, aus einem Metallgewebe bestehende Vorrichtung, bei welcher die vollkommen ebene Lage des Metallgewebes, durch ein darunter angeordnetes, gewissermassen zweites Sieb, aus stärkeren Metalldrähten erreicht ist; s. Papierfabrikation.

Doppelgelenkkupplung, s. Kreuzgelenkkupplung.

Doppelgestänge, Doppelglocke, s. Telegraph.

Doppelhäuer, s. Grubenbetrieb.

Doppelhaken, von ankerähnlicher Gestalt, sind zum mehrfachen Anschlingen von Seilen bequemer als einfache Haken; zum Anhängen der Last mittelst eines Ringes oder Bügels, z. B. des Balanciers in Giessereien, oder an einem einzigen über den Haken zu legenden Seil (oder Kette) aber umso unbequemer und ungünstiger. Doppelhaken, konstruirt wie die gewöhnlichen Misthaken (zwei mindestens 15 cm lange Zinken und ein 2,5 m langer Stiel) bilden ein sehr praktisches Geräte für die Feuerwehr zum Herausschaffen von Heu und Stroh aus brennenden Scheunen.

Doppelherzstück, richtiger Kreuzstück; s. Gleiskreuzung.

Doppelholländer wird derjenige in der Papierfabrikation zur Zerfaserung der Hadern verwendete Holländer genannt, welcher behufs Erhöhung der Leistungsfähigkeit mit zwei Messerwalzen und zwei Grundwerken versehen ist. Siehe Papierfabrikation.

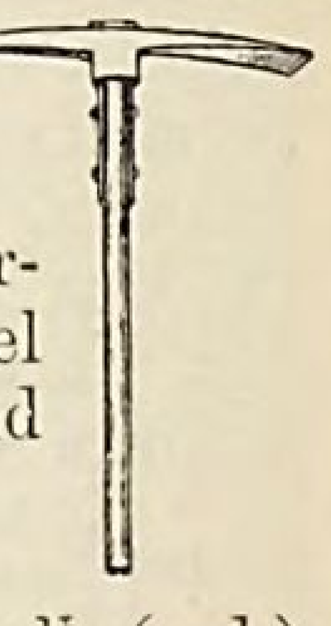
Doppelhubmaschine, Schaftmaschine mit zwei Messern, von welchen abwechselnd das eine oder das andere zur Wirkung kommt; s. Weberei.

Doppelkapelle. Diese findet sich namentlich bei romanischen Burgbauten vor. Die untere Kapelle enthält zumeist das Grabmal eines hervorragenden Burgherrn, sowie die Familiengruft und einen Altar, die obere Kapelle dient insbesondere dazu, es den Bewohnern der Burg zu ermöglichen, von oben dem Gottesdienst beizuwohnen, der unten abgehalten wird. Zu diesem Ende erscheint das Gewölbe zwischen den beiden Kapellen mit einer grossen Oeffnung versehen [1]. Derartige Doppelkapellen finden sich heute noch mehr oder weniger gut erhalten auf den Burgen zu Eger, Nürnberg, Freiburg a. U., Landsberg u. s. w. Zuweilen kommen auch in Verbindung grösserer Kirchenbauten ähnliche Doppelkapellen vor, wie z. B. die Gotthardskapelle beim Dom zu Mainz [2].

Litteratur: [1] W. Weingärtner, System des christlichen Turmbaues, Göttingen 1866. — [2] W. Lübke, Geschichte der Architektur, 6. Aufl., Leipzig 1884, S. 525. *von Schubert-Soldern.*

Doppelkarde ist aus zwei verbundenen einfachen Karden so hergestellt, dass der Auslauf der ersten dem Einlauf der zweiten Karde gegenübersteht. Es werden dazu meist Walzenkarden verwendet. Man erspart damit das Transportiren und Formen einer Watte zwischen Vor- und Auskarde, allein man büsst den Vorteil des Doublirens ein. Doppelkarden werden nur da mit Vorteil verwendet, wo es sich um grosse Lieferung bei geringem Material handelt. Vgl. Niess, 2. Aufl., S. 2071 ff. mit Figuren. *Bosshard.*

Doppelkassinet, ein aus Baumwollkette und zweifachem Schuss, abwechselnd aus Baum- und Streichwollgarn, mittelst Atlasbindung hergestelltes Gewebe; s. Tuchfabrikation.



Doppel- (englische) Keilhaue oder Kreuzhacke ist die Vereinigung der Breithaue und der Einspitze zu einem dem Kreuzpickel ähnlichen Gerät (s. Fig.), das zur Lösung der Bodenarten der 4. und 5. Klasse verwendet wird. S. auch Bodenarten.

Doppelkeilverschluss, s. Schiffsgeschütze.

Doppelkirche, zeigt eine ähnliche Einrichtung wie die Doppelkapelle (s. d.), nämlich eine grosse Oeffnung im trennenden Gewölbe. Diese Kirchen kommen äusserst selten vor; das bekannteste Beispiel ist die Kirche zu Schwarz-Rheindorf, welche überdies noch einen turmartigen Aufbau aufzuweisen hat.

Doppelkocher, ein bei der nassen Reinigung der Hadern durch Kochen derselben mit Lauge in der Papierfabrikation verwendeter Apparat, welcher aus zwei in einander geschobenen Cylindern besteht, von welchen der innere perforirt ist, wodurch eine Trennung der Hadern von der Schmutzlauge bezweckt wird. — S. Papierfabrikation. *Maxim. Kraft.*

Doppelkopfschiene, s. Oberbau.

Doppelkrempel, s. Streichgarnspinnerei.

Doppelkupplung, s. Reibungsklauenkupplung.

Doppelkurbel, s. Doppelkurbelgetriebe.

Doppelkurbelgetriebe. Zwei Kurbeln ΦF, AL (Fig. 1), welche sich in dem festen Gestell ΦA, resp. um die parallelen Axen Φ, A drehen und durch eine Koppel FL vermittelst der ebenfalls parallelen Axen F, L drehbar verbunden sind, bilden, wenn beide gekoppelte Kurbeln vollständige Umdrehungen vollziehen können, mit dem Gestell und der Koppel ein Doppelkurbelgetriebe [1], welches auch Doppelkurbel und Kurbelkupplung [2] genannt wird. Die vier durch vier Gelenke mit parallelen Axen verbundenen Glieder, deren Längen mit a, b, c, d bezeichnet sind, bilden, geometrisch betrachtet, ein Gelenkviereck. Vollständige Umdrehungen der beiden Kurbeln ΦF, AL resp. b, d sind nur dann möglich, wenn die Summe der kleinsten Gliedlänge und

der grössten Gliedlänge nicht grösser als die Summe der beiden anderen Gliedlängen ist und das kürzeste Glied das feste Gestell vertritt.

In Fig. 1 ist das kürzeste und feste Glied a, ferner d das grösste Glied und $a + b < b + c$. Wenn insbesondere $a + d = b + c$ genommen wird, dann ist das Doppelkurbelgetriebe ein durchschlagendes und alle vier Seiten des Gelenkvierecks liegen in der Durchschlagslage in der Geraden ΦA. In Fig. 2 ist wieder a das kleinste, aber c das grösste Glied und $a + c < b + d$. Wenn insbesondere $a + c = b + d$, dann erhalten wir auch in diesem Fall ein durchschlagendes Doppelkurbelgetriebe, bei dem alle vier Seiten des Gelenkvierecks in der Durchschlagslage in der Geraden ΦA liegen. Dreht sich die eine Kurbel z. B. ΦF gleichförmig, so dreht sich die andere Kurbel AL ungleichförmig. Nur in dem speziellen Falle, wenn das Gelenkviereck ΦFLA ein Parallelogramm also $a = c$, $b = d$ ist, drehen sich beide Kurbeln in gleicher Weise und wir erhalten dann das Parallelkurbelgetriebe (s. d.), welches bei der Kupplung der Triebräder der Lokomotive angewendet wird.

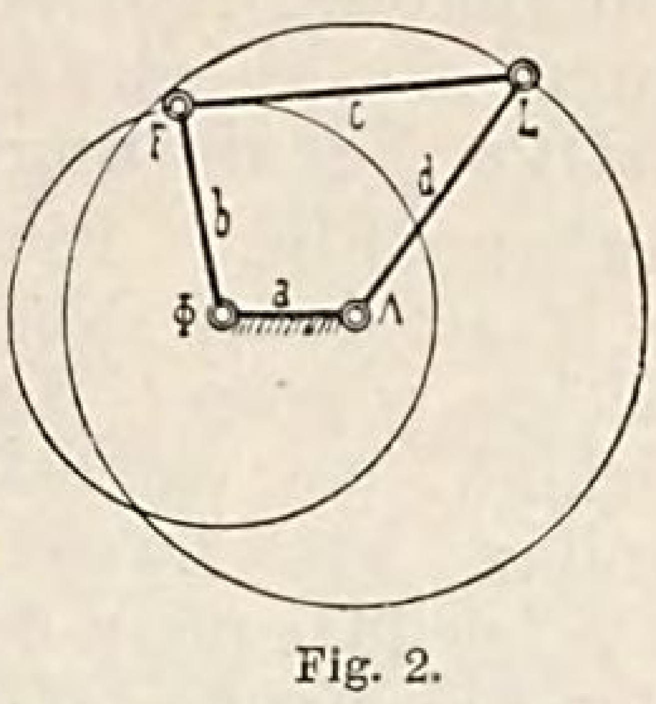


Fig. 2.

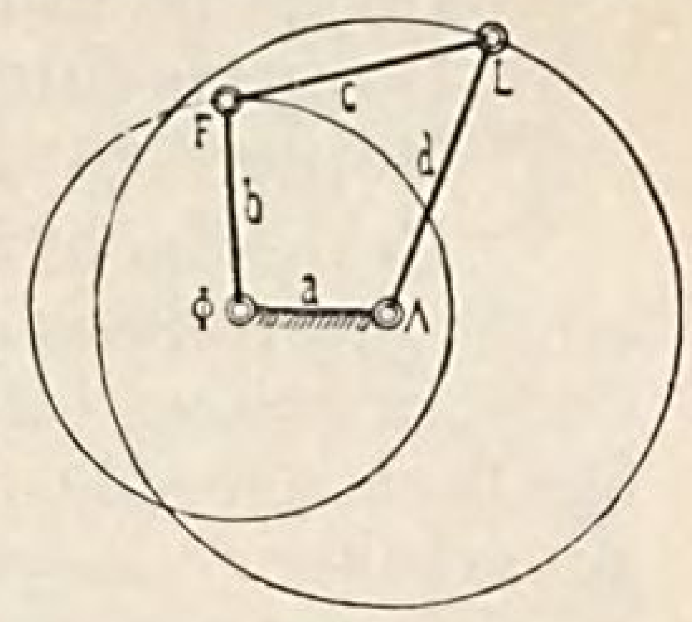


Fig. 1.

Litteratur: [1] Burmester, Lehrbuch der Kinematik, Bd. 1, S. 290, Leipzig 1888. — [2] Weisbach-Herrmann, Ingenieur- und Maschinenmechanik, 3 Teile, 1. Abt., S. 665, 2. Aufl., Braunschweig 1876. — [3] Grashof, Theoretische Maschinenlehre, Bd. 2, S. 114, Leipzig 1883.

Burmester.

Doppelkurbelwalke, diejenige in der Tuchfabrikation zum Verfilzen der Gewebe verwendete Vorrichtung (Walke), bei welcher zwei neben einander angeordnete Walktröge gleichzeitig von einer Kurbel bedient werden und daher zwei Gewebestücke gleichzeitig gefilzt werden können. S. Tuchfabrikation.

Doppellade, s. Weberei.

Doppellatte. 1. Schnittholz in der Stärke zweier Latten 5/5 oder 6/6 cm stark. 2. Zwei über einander genagelte Latten z. B. an der Traufschar eines Ziegeldaches. Diese dient dazu, die Gefällrichtung der untersten Schar der der oberen Scharen gleich zu machen und hierdurch ein Klaffen zu verhindern.

Doppellibelle, s. Reversionslibelle.

Doppelmasche nennt man in der Wirkerei diejenige Masche, auf welcher noch eine Fadenschleife der nächsten Reihe als Henkel liegt.

Doppelmaschine, Buchdruckmaschine mit zwei Druckcylindern und zwischen beiden liegendem Farbwerk.

Doppelmittel, Bezeichnung der Buchdrucktypen von 28 typographischen Punkten Kegelstärke; franz. Petit-Canon oder Corps vingt-huit, englisch Twoline-English. S. Schriftarten.

Doppelmuffe, s. Rohrverbindungen.

Doppelniveau, s. Reversionslibelle.

Doppelobjektiv, s. Photographie.

Doppelplatte, die Verbindung zweier senkrecht zur optischen Axe geschliffener, gleich dicker Quarzplatten, einer rechts- und einer linksdrehenden; s. Zirkularpolarisation.

Doppelrauhmaschine, jene Gattung der in der Tuchfabrikation zum Aufrauhen der Gewebe verwendete Maschinen, welche mit zwei sogenannten Rauhtrommeln, Kardentrommeln, versehen ist, wobei also das durch dieselbe laufende Gewebe zweimal nach einander gerauht wird. S. Tuchfabrikation.

Doppelsackbohrer, s. Tiefbohren.

Doppelsalze sind eigentümliche Verbindungen zweier Salze in bestimmten molekularen Verhältnissen, über deren Wesen noch viele Fragen offen stehen. Sie sind sehr häufig, namentlich in der anorganischen Chemie. Ihre Löslichkeit ist bisweilen eine ganz andere als die ihrer Komponenten.

In einigen Fällen — ob stets, ist nicht bekannt — beruht die Doppelsalzbildung jedenfalls auf der Bildung sogen. komplexer Ionen, wie beim Ferrocyankalium K_4FeCy_6, das aus $4KCy$ und $FeCy_2$ entsteht, dessen Ionen aber $4K$ und $(FeCy_6)$ sind, da es die Reaktionen der Eisenionen nicht mehr gibt. Dasselbe gilt wohl für alle Doppelcyanide, wie Ferricyankalium (rotes Blutlaugensalz), Mangancyankalium etc., Natriumsilberthiosulfat etc. In der Regel beruht die Lösbarkeit von Niederschlägen in Salzlösungen auf der Existenz leicht löslicher Doppelsalze, wie $Na_2S_2O_3 + AgCl = NaCl + NaAgSO_3$ oder $2KCy + AgCl = KCl + KAgCy_2$. Besondere Neigung zur Bildung von Doppelsalzen zeigen auch die Sulfate, wobei die Doppelsalze häufig auch ganz andere Hydrotationsstufen als die Komponenten aufweisen: $K_2SO_4 + 0aq$ und

$Al_2(SO_4)_3 + 18\,aq$ ergibt $2\,[KAl(SO_4)_2 + 12\,H_2O]$ (Alaun); $FeSO_4 + 7\,aq$ und $(NH_4)_2SO_4 + 0\,aq$ ergibt $(NH_4)_2Fe(SO_4)_2 + 6\,aq$. (Mit Bezug auf die Ionentheorie vergl. besonders: Ostwald, Analytische Chemie, Leipzig 1894, z. B. S. 80 u. a.). *Abegg.*

Doppelsammtstuhl, s. Weberei.

Doppelschlauchhähne, s. Gasbeleuchtung.

Doppelschleuse, s. Schleuse.

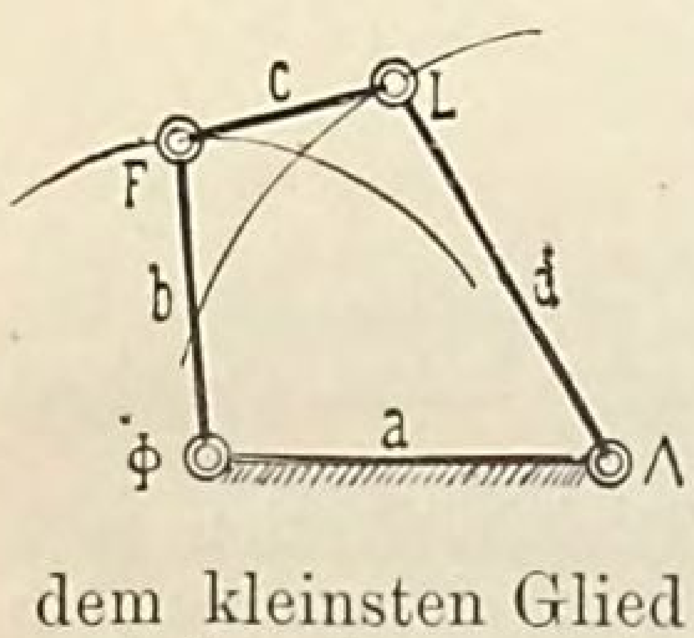
Doppelschnittige Vernietung, s. Nietverbindungen.

Doppelschraubenschiff. Ein Doppel- oder Zwillingsschraubenschiff erhält die treibende Kraft durch zwei Schraubenpropeller, welche von je einer Schiffsmaschine betrieben werden. Anfänglich verwendete man zwei Schrauben für flach gehende Schiffe, um ein möglichst grosses Schraubenareal in Summa zu erhalten. Neuerdings sind Zweischraubenmaschinen fast auf allen Kriegsschiffen und auf den Schnelldampfern der Handelsmarine in Gebrauch. Abgesehen davon, dass es bei den bedeutenden Maschinenkräften der neueren Schnelldampfer und der Panzerschiffe nicht gut möglich ist, die gesamte Leistung auf eine Maschinenanlage durch eine Welle zu übertragen, so bietet die Anordnung von zwei getrennten Maschinenanlagen so bedeutende Vorteile, dass das Zweischraubensystem für grosse Schiffe zurzeit allgemein beliebt ist. Bei den Kriegsschiffen sprechen vor allem folgende Punkte für dieses System: Günstige Teilung des Schiffsrumpfes in viele wasserdichte Abteilungen, Verwendung einer Maschine bei Havarie der anderen Maschine oder bei Ueberflutung des einen Maschinenraums, gute Manövrir- und Steuerfähigkeit. Bei Avisos und Torpedofahrzeugen kommt ausserdem der Vorteil hinzu, dass höchstens nur zwei Lokomotivkessel gemeinsam ihren Dampf an eine Maschine abgeben, da bei Verbindung von mehr Lokomotivkesseln auf eine Maschine ein Ueberkochen der Kessel leicht eintritt. Bei den Schnelldampfern der Handelsmarine bieten die Zweischraubenmaschinen desgleichen den Vorteil, dass bei einem Wellenbruch die Schiffe ohne fremde Hilfe mit einer Schraube den Hafen erreichen können, was bei grossen überseeischen Fahrten von besonderer Wichtigkeit ist.

Litteratur: [1] W. H. White, A Manual of Naval architecture, London 1894. — [2] Busley, Die neueren Schnelldampfer der Handels- und der Kriegsmarine, Kiel 1893. *Tj. Schwarz.*

Doppelschwinge, s. Doppelschwinggetriebe.

Doppelschwinggetriebe. Zwei Glieder ΦF, AL (s. Fig.), welche in dem festen Gestell ΦA resp. um die parallelen Axen Φ, A schwingen und durch eine Koppel FL vermittelst der ebenfalls parallelen Axen F, L gelenkig verbunden sind, bilden, wenn die beiden Glieder ΦF, AL infolge dieser Verbindung nur schwingen können, mit dem Gestell und der Koppel ein Doppelschwinggetriebe, welches auch kurz Doppelschwinge genannt wird [1]. Schwingungen, d. h. nicht vollständige Umdrehungen, dieser beiden Glieder treten nur dann auf, wenn die Summe der kleinsten und der grössten Gliedlänge nicht grösser als die Summe der beiden anderen Gliedlängen ist und das Glied, welches dem kleinsten Glied gegenüber liegt, das feste Gestell vertritt. In vorstehender Figur ist z. B. c das kleinste, d das grösste Glied und $c + d < a + b$.



Litteratur: [1] Burmester, Lehrbuch der Kinematik, Bd. 1, S. 291, Leipzig 1888. — [2] Grashof, Theoretische Maschinenlehre, Bd. 2, S. 114, Leipzig 1883. *Burmester.*

Doppelsextant, s. Spiegelinstrumente.

Doppelsitzventile sind von dem darauf wirkenden Dampfdruck fast entlastet, indem die beiden ringförmigen Sitzflächen am unteren und oberen Rande des beweglichen Teiles nur so viel verschieden gross sind, als das Ueberschieben bezw. Durchschieben beim Einbringen erfordert. — Das Rohrventil (Fig. 1) steht wegen seiner einfacheren Gestalt hauptsächlich in Anwendung, besonders bei den Ventilsteuerungen der Dampfmaschinen (Fig. 2), während das Glocken- oder

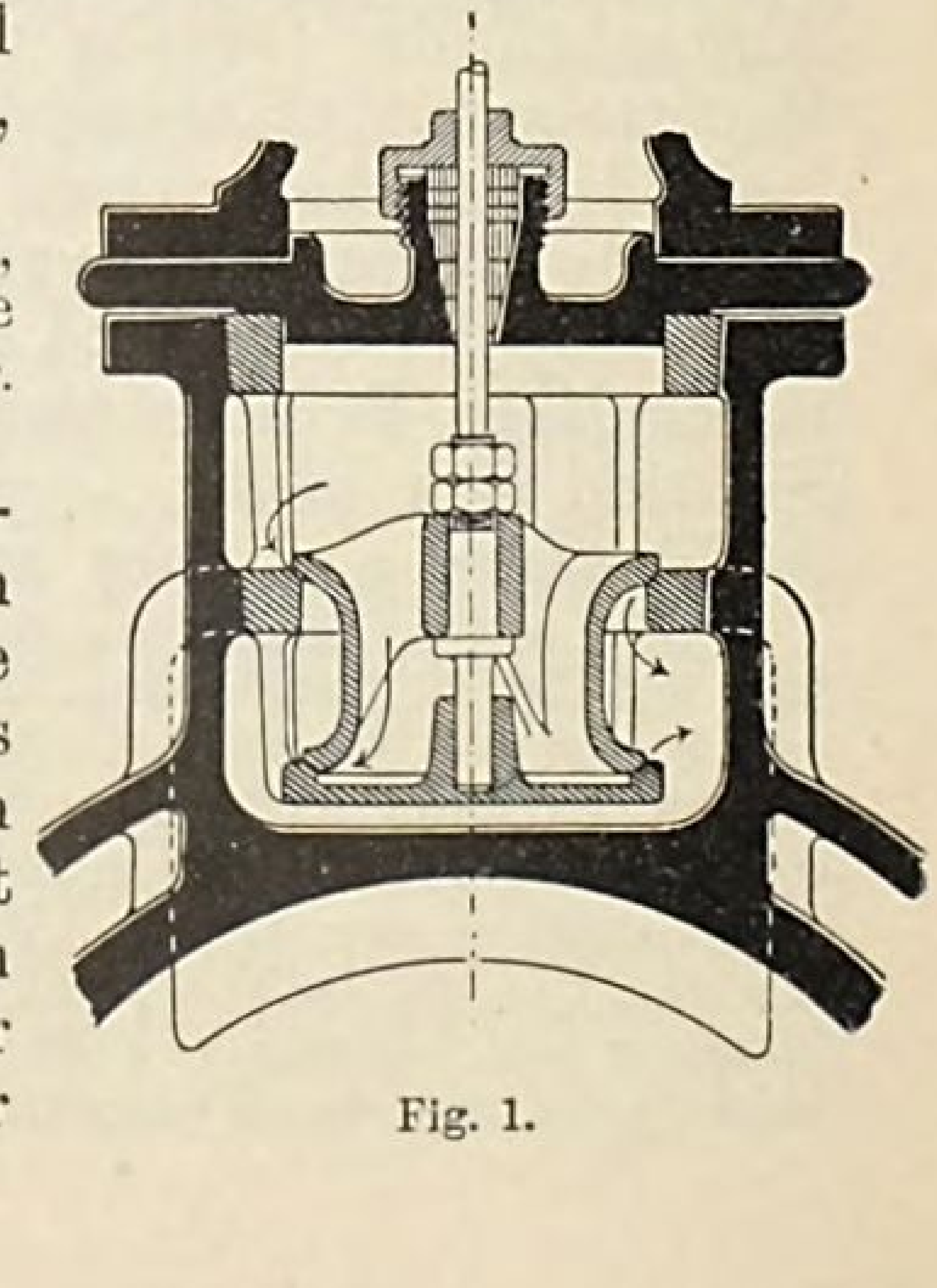


Fig. 1.

Kronenventil (Fig. 3) seltener vorkommt. Soll die cylindrische Durchgangsfläche $2 h \pi d$ gleich der durchströmten Kreisfläche $\frac{\pi d^2}{4}$ sein, so muss die Hubhöhe $h = {}^1/_8\, d$ werden. Um Undichtigkeiten zu verhüten, giesst man Ventil und Sitz aus gleichem Material (Gusseisen, im Tiegel geschmolzen); auch lässt sich, selbst bei verschiedener Ausdehnungsziffer, das Abheben der einen Sitzfläche bei der Erwärmung vermeiden, wenn die mathematischen Spitzen der kegelförmigen bezw. ebenen Sitzflächen in einem Punkte der Axe zusammen fallen. — Als selbstthätige Ventile für Pumpen kommen Glockenventile mit grösserer Differenz der abdichtenden Sitzflächen vor. Gegenüber Ringventilen, deren Sitzflächen in gleicher Höhe liegen, bieten sie bequemere Wasserführung, bei grösserem Gewicht. *Lindner.*

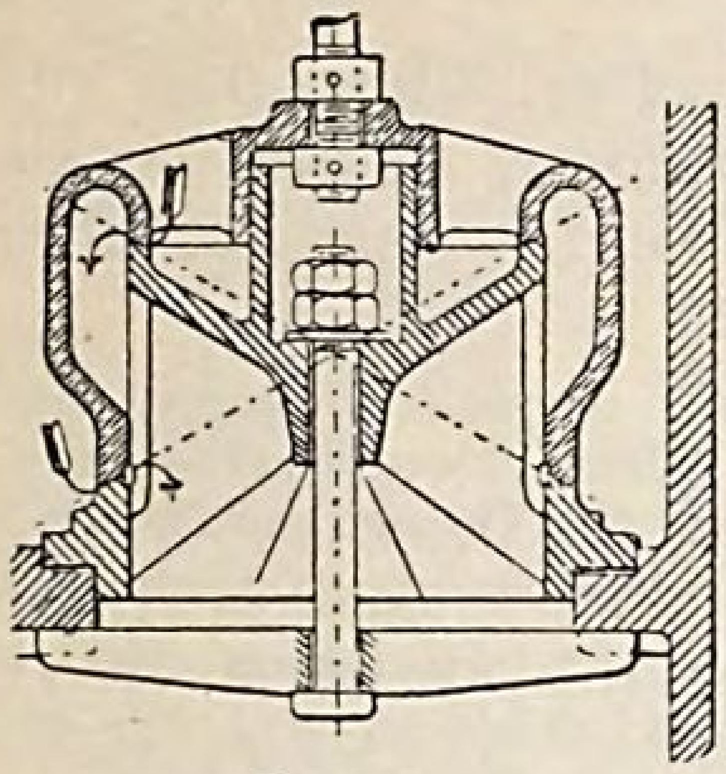


Fig. 3.

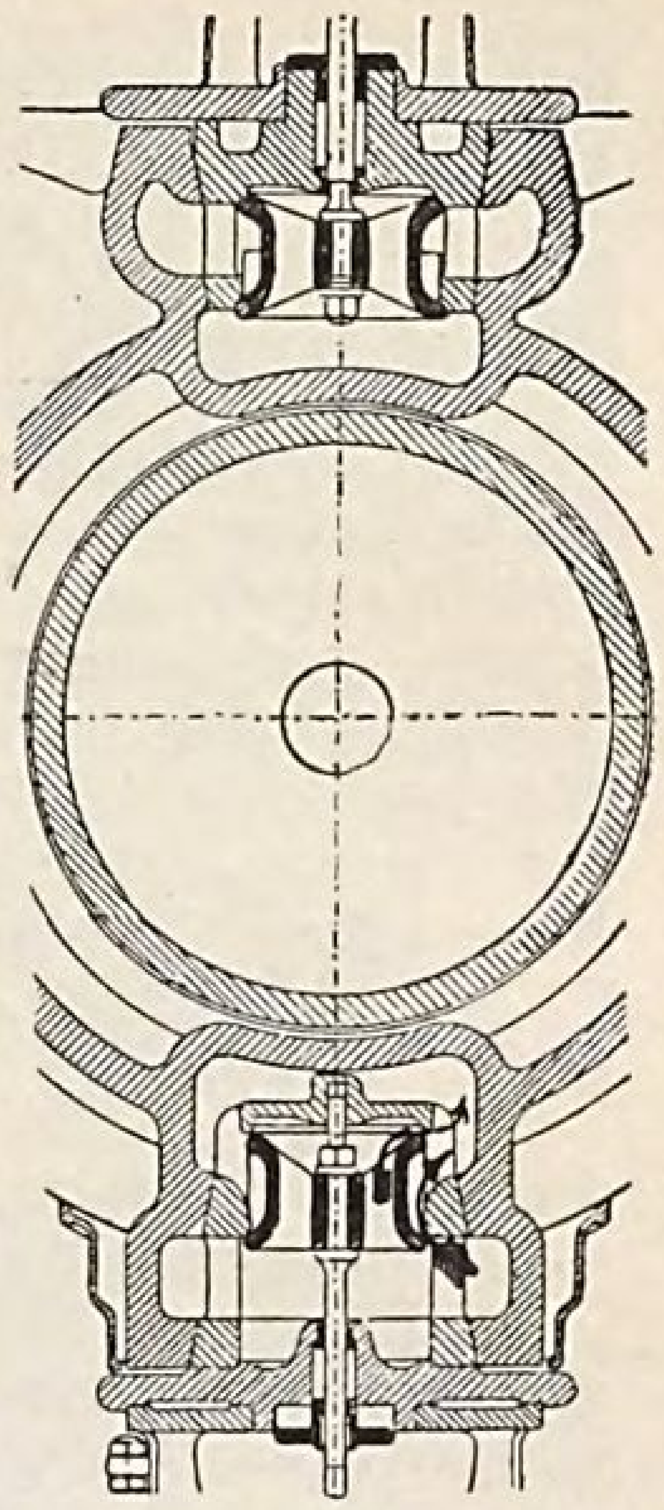


Fig. 2.

Doppelspat, s. v. w. Kalkspat.

Doppelspiegelkreis, s. Spiegelinstrumente.

Doppelsprecher, Doppelständer, s. Telegraph.

Doppelstärke, s. Stärkemehl.

Doppelsteppstich, s. Nähmaschinen.

Doppelstiftapparat, s. Telegraph.

Doppelstoff, s. Weberei.

Doppelstreichmass, s. Messwerkzeuge.

Doppelstrich. Das Verfahren, einen Stahlstab zu magnetisiren, indem man zwei gleichzeitig in der Mitte aufgesetzte Pole, Nord- und Südpol zweier Magnete, nach den Enden des Stabs hinführt.

Doppelstuhl, doppelt stehender Dachstuhl; auch s. v. w. Doppelwalzenstuhl (s. Vierwalzenstuhl).

Doppeltangente, s. Tangente.

Doppelter Bock, Hängewerk mit zwei Hängesäulen und einem zwischen diesen eingesetzten Spannriegel (s. Dachstuhl und Hängewerk).

Doppelter Kettenstich, s. Nähmaschinen.

Doppeltes Fachwerksystem, Fachwerk zweifachen Systems (s. Fachwerk).

Doppelte Vernietung, s. Nietverbindungen.

Doppelthor, im Wasserbau, s. Schleuse.

Doppeltperiodische Funktionen, solche Funktionen, welche zwei verschiedene Perioden besitzen, also den Gleichungen: $f(x+w) = f(x)$ und $f(x+w') = f(x)$ genügen. Das Verhältnis der Perioden $w : w'$ darf nicht reell sein. Ausser w und w' existiren noch unendlich viele andere Perioden. w und w' heissen primitiv, wenn sich alle anderen Perioden in der Form $nw + n'w'$ darstellen lassen, wo n und n' ganze Zahlen sind. Beispiele von doppeltperiodischen Funktionen sind die elliptischen Funktionen und die Weierstrass'sche p-Funktion (s. Sigmafunktionen).

Litteratur: [1] Bobek, Einleitung in die Theorie der elliptischen Funktionen, Leipzig 1884, Kap. 1. — [2] Biermann, O., Theorie der analytischen Funktionen, Leipzig 1887, Kap. 7, 1. Abschn. — [3] Krause, Theorie der doppeltperiodischen Funktionen einer Veränderlichen, I, Leipzig 1895. *Wölffing.*

Doppeltrichterapparat, s. Trichter.

Doppelt-Seitenkipper, s. Erdtransportwagen.

Doppeltuch, ein zu Winterkleidern verwendetes, aus zwei verschieden feinen, oft auch verschiedenfarbigen Streichgarnketten erzeugtes, gewöhnlich durch Zusammenweben der beiden Ketten gemustertes, schweres Gewebe. S. Tuchfabrikation und Weberei.

Doppelung. 1. Die durch Doppeln erzielte Bekleidung einer Lehmwand (vgl. Dübel, Dübelverbindung). 2. s. v. w. Verdübelung.

Doppelventilatoren, s. Schleudergebläse.

Doppelverhältnis. Liegen auf einer geraden Linie vier Punkte a, b, c, d, so entstehen mit Bezug auf die Strecke ab durch die Punkte c und d die Teilverhältnisse $\frac{ac}{bc}$ und $\frac{ad}{bd}$. Das Verhältnis $\frac{ac}{bc}:\frac{ad}{bd}$ oder abgekürzt geschrieben $(abcd)$ dieser Teilverhältnisse bezeichnet man als Doppelverhältnis der vier Punkte a, b, c, d. Kennt man auf einer Geraden drei Punkte, so gibt es auf ihr nur einen Punkt, der mit den gegebenen drei Punkten ein Doppelverhältnis von bestimmtem Werte bildet.

Mit vier Elementen lassen sich 24 verschiedene Permutationen herstellen, somit sind 24 Doppelverhältnisse mit vier Punkten einer Geraden möglich. Diese Doppelverhältnisse besitzen aber nur vier verschiedene Werte. Bezeichnet m den Wert des Doppelverhältnisses $(abcd)$, so sind mit den vier Punkten a, b, c, d die folgenden Doppelverhältnisse möglich:

$(abcd)=(badc)=(cdab)=(dcba)=m$
$(bacd)=(abdc)=(cdba)=(dcab)=1:m$
$(bcad)=(cbda)=(adbc)=(dacb)=(m-1):m$
$(cbad)=(bcda)=(adcb)=(dabc)=m:(m-1)$
$(cabd)=(acdb)=(bdca)=(dbac)=1:(1-m)$
$(acbd)=(cadb)=(bdac)=(dbca)=1-m.$

Mit vier durch einen Punkt gehenden Strahlen A, B, C, D bezw. vier eine Gerade enthaltenden Ebenen lässt sich mit Bezugnahme auf die Winkel dieser Strahlen bezw. Ebenen das Verhältnis $\frac{\sin AC}{\sin BC}:\frac{\sin AD}{\sin BD}$ aufstellen — es wird das Doppelverhältnis der vier Strahlen bezw. Ebenen genannt.

In der projektiven Geometrie (s. d.) wird gezeigt, dass die projektive Verwandtschaft der geometrischen Grundgebilde bedingt ist durch die Doppelverhältnisgleichheit von je vier entsprechenden Elementen der in Rede stehenden Gebilde.

Litteratur: Steiner, Systematische Entwicklung der Abhängigkeit geometrischer Gestalten von einander, Berlin 1832. — Möbius, Der baryzentrische Calcül, Leipzig 1827. — Staudt, Geometrie der Lage, Nürnberg 1847; s. auch die Litteratur unter Darstellende Geometrie.

Vonderlinn.

Doppelvitriol, s. Eisenvitriol.

Doppelwolf, s. Greifzeuge.

Doppelzangen, s. Dachstuhl, Bd. 3, S. 106.

Dopplerit, s. Asphalt.

Doppler'sches Prinzip. In einer 1843 erschienenen Schrift [1] hat der österreichische Mathematiker Doppler ein die Erscheinungen der Wellenbewegung betreffendes Gesetz ausgesprochen, das zunächst für die Akustik den Satz liefert: Wenn eine Tonquelle (Pfeife) sich mit der Geschwindigkeit v vom Ohr entfernt, während c die Geschwindigkeit des Schalls ist, so vernimmt das Ohr statt eines Tons von der Schwingungszahl n, wie er von der Tonquelle erzeugt wird, einen Ton von der Schwingungszahl $n' = n\frac{c}{c+v}$; bei Annäherung der Tonquelle zum Ohr ist v negativ zu setzen. Im ersteren Fall wird ein tieferer, im letzteren Fall ein höherer Ton geführt.

Beim Vorbeifahren einer pfeifenden Lokomotive sinkt also die Höhe des gehörten Pfeifentons um ein der Geschwindigkeit v entsprechendes Intervall. Die sich entfernende Tonquelle sendet nämlich zum Ohr nicht Wellen von der Wellenlänge $\lambda = \frac{c}{n}$, wie sie dem Ton der unbewegten Pfeife zukommen, sondern Wellen von der Länge $\lambda' = \frac{c}{n}+\frac{v}{n}$, grösser um den Weg der Pfeife während $\frac{1}{n}$ Sekunde. Dieser veränderten Wellenlänge entspricht die veränderte Schwingungszahl $n' = \frac{c}{\lambda'} = n\frac{c}{c+v}$. Ist das Ohr in Bewegung, die Pfeife in Ruhe und ist jetzt v die Geschwindigkeit, mit welcher das Ohr sich von der Pfeife entfernt, so kommen in der Sekunde $n - \frac{v}{\lambda}$ Schwingungen zum Ohr, es ist also $n' = n - \frac{v}{\lambda} = n\frac{c-v}{c}$. Sind Ohr und Pfeife mit den Geschwindigkeiten v_1 resp. v_2 in Bewegung, so dass sich deren Entfernung mit der Geschwindigkeit v_1+v_2 verändert, so ist $n' = n\frac{c-v_2}{c+v_1}$ bei der Entfernung und $n' = n\frac{c+v_2}{c-v_1}$ bei der Annäherung. Beim Vorbeifahren der bewegten Pfeife am bewegten Ohr sinkt der Ton um das Intervall: $\frac{(c+v_1)(c+v_2)}{(c-v_1)(c-v_2)}$.

Ueber die Verwendung des Doppler'schen Prinzips für die astronomische Forschung sei verwiesen auf [3] und [4]; s. auch Spektralanalyse.

Litteratur: [1] Doppler, Ueber das farbige Licht der Doppelsterne, Abh. d. k. böhm. Akad. d. Wissensch., 5. Folge, Bd. 2, 1843. — [2] Deslandres Comptes rendus CXX, Nr. 8, 1895. — [3] Scheiner, Die Spektralanalyse der Gestirne, S. 150—164 und S. 344—394, Leipzig 1890. — [4] Körber, Neue Anwendungen des Doppler'schen Prinzips, Zeitschr. Himmel und Erde, herausgeg. von der Gesellschaft Urania, Jahrg. 7, Heft 2, S. 88, 1895.

Aug. Schmidt.

Dorische Bauweise (dorische Ordnung), stammt von den Dorern, die, von Norden kommend, den Peloponnes eroberten und die hier ansässigen Ioner nach Attika und Kleinasien verdrängten. Der dorische Stil hatte eine recht grosse Verbreitung; er wurde später in der römischen Kunst und schliesslich in der Rennaissanceperiode und der Neuzeit ziemlich häufig angewendet.

I. Die griechisch-dorische Ordnung. Die Formen dieses Stiles finden sich insbesondere am griechischen Tempel in klarster Weise entwickelt. Dieser besteht aus drei Hauptteilen: 1. dem Unterbau, der fast durchwegs aus drei Stufen besteht; 2. aus der Tempelwand (Cellawand), die ringsum von Säulen umgeben zu sein pflegte, und 3. aus dem Teil, der sich über den Säulen befand, dem Gebälke mit Decke und Dach [1].

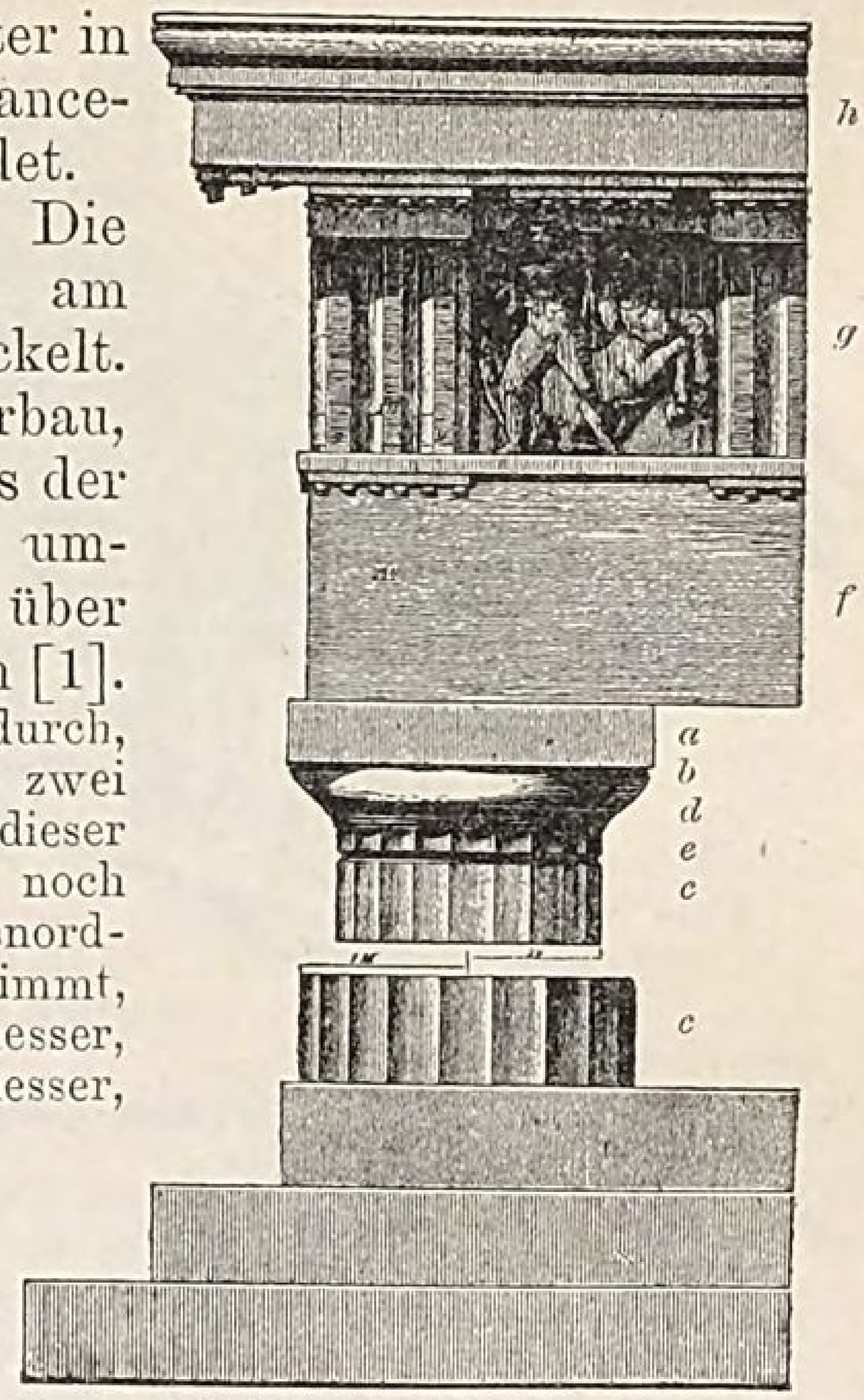


Fig. 1. *a* Plinthos oder Abakus. *b* Echinus. *c* Kannellirter Säulenschaft. *d* Hypotrachelion *e* Einschnitt. *f* Epistylion oder Architrav *g* Triglyphe und Metope. *h* Geison.

Die Säule (Fig. 1) charakterisirt sich zunächst dadurch, dass sie keinen Fuss (Basis) besitzt, so dass sie bloss aus zwei Teilen, dem Schaft und Kapitäl, besteht. Die Verhältnisse dieser Säulen sind als derb und gedrungen zu bezeichnen, wobei noch zu bemerken wäre, dass man die Einzelformen der Säulenordnungen nicht nach Metern misst, sondern eine Einheit annimmt, die sich in jeder Ordnung vorfindet, den unteren Säulenhalbmesser, Modul genannt. Formen. die kleiner sind als der Halbmesser, werden nach Partes gemessen; der Halbmesser hat 30 Partes. Die dorischen Säulen der altertümlichen Tempel erhielten 8, die der besten Zeit 11 und die der Verfallszeit 12 Modul zur Höhe [2]. Der Säulenschaft hatte nach oben zu eine Verjüngung und ausserdem eine Anschwellung (Entasis); auch war derselbe seiner Höhe nach durch mehrere Rinnen (Kanneluren, Rhabdosis) gegliedert, welche sowohl nach oben als nach unten keine besondere Endigung aufweisen und von einander durch eine scharfe Kante getrennt sind. Die Kanneluren erhalten die Form von Kreissegmenten oder Ellipsen (Fig. 2). In der ältesten Zeit hatte der Schaft 16, später 18 und schliesslich 20 Rinnen aufzuweisen. Es bestand aber der Säulenschaft nicht aus einem Stück (monolith), sondern wurde aus mehreren Trommeln hergestellt, die sorgfältig auf einander gestellt erschienen. Damit die Fugen unsichtbar wurden, schliff man die Lagerflächen einer Trommel auf der andern, bis sie vollkommen dicht schlossen [3]. Das Kapitäl bestand aus zwei Teilen, und zwar: 1. dem Echinus samt den Anheftungssymbolen, und 2. aus dem Abakus oder der Deckplatte (s. Abakus, Bd. 1, S. 13). Der Echinus ist der Hauptteil des Kapitäls und deutet durch seine eigenartige Form ein federkräftiges Emporhalten einer Last an. Es wird angenommen, dass er stets ein Blattschema aufgemalt erhielt. Unterhalb des Echinus befinden sich einige Bänder, mittelst welcher das Kapitäl symbolisch mit dem Schafte verbunden erscheint; hierauf folgt der Hals der Säule oder das Hypotrachelion, an welchem die Kanneluren ihre Fortsetzung finden, und schliesslich ist ein Einschnitt zu verzeichnen, welcher die untere Endigung der obersten Säulentrommel bezeichnet. Auf dem Echinus ruht der Abakus. Dieser ist eine rechteckige Platte, welche als Repräsentant der Last aufzufassen ist, zugleich aber bildet derselbe in geschickter Weise einen Uebergang aus dem Runden der Säule in das Rechteckige des Gebälkes. In allen griechischen Stilarten werden die Stirnpfeiler der Wand Anten genannt und besitzen stets ein Kapitäl, das sich prinzipiell von den Formen des Säulenkapitäls unterscheidet [4]. So hat das dorische Antenkapitäl (Fig. 3) zunächst einen kleineren Abakus und dann statt des Echinuskymations ein dorisches Kymation aufzuweisen; hierauf folgen einige Bänder, welche das Kapitäl mit dem Halse der Ante zu verbinden hat. Einen reichen Schmuck erhielt dieser Hals durch ein schönes Anthemienornament, auf der Halsfläche aufgemalt. Der Schaft der Ante ist stets unkannellirt, während die Basis zumeist aus einem schwachen Wandvorsprung gebildet wird. Das Gebälke besteht wie bei allen griechischen Tempeln aus drei Hauptteilen: 1. dem Architrav oder Epistylion, 2. dem Fries und 3. dem Kranzgesimse oder Geison. Der Architrav besteht aus mächtigen, ungegliederten Steinbalken, die von Säulenmitte zu Säulenmitte reichen und eine Höhe von 40—50 Partes erhielten. Ein schmales Band verbindet den Architrav mit dem Fries; unterhalb dieses Bandes sind in gewissen Abständen Plättchen angebracht, welche sechs tropfenartige Gebilde (guttae) aufnehmen, die Tropfenregula genannt [5]. Ueber dem Architrav erhebt sich der Fries in zwei Teilen: den Triglyphen und den Metopen (Fig. 4). Die ersteren sind der

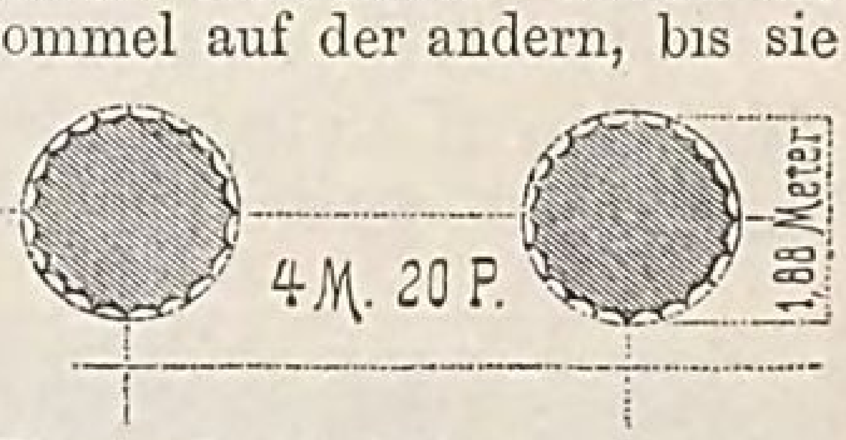
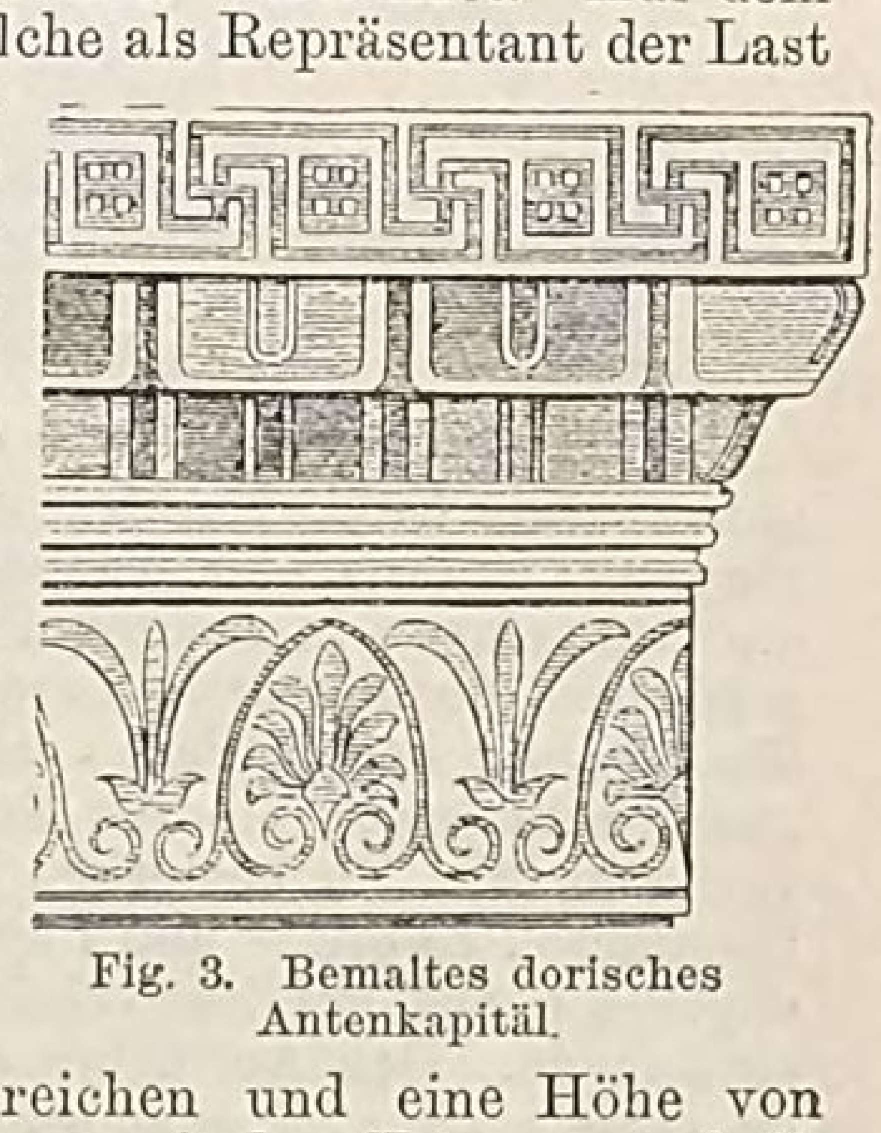


Fig. 2. Durchschnitt der dorischen Säulen.


Fig. 3. Bemaltes dorisches Antenkapitäl.

Idee nach die stützenden Elemente des Frieses und charakterisiren sich als kleine Pfeiler mit tief eingeschnittenen Kannelluren (Glyphen), stets mit zwei ganzen und zwei halben Glyphen, weshalb sie Dreischlitz oder Triglyphen genannt werden. Jede Triglyphe erhält ausserdem noch ein Kapitäl, das aus einem einfachen Abakus besteht. Die Metopen sind der Idee nach neutrale Felder, die sich infolgedessen namentlich gut zur Aufnahme von figuralen Darstellungen eignen [6]. Die Metope bildet ein nahezu quadratisches Feld, das ein wenig hinter die Triglyphen zurücktritt, ebenfalls mit einer Plinthe als Kapitäl. Schliesslich wird der ganze Fries durch ein Band mit dem Geison verbunden. Die Höhe des Frieses betrug zumeist 50 Partes, war demnach gleich der Höhe des Architraves. In der Regel ist in jeder Säulenaxe und ausserdem noch zwischen zwei Säulenaxen je eine Triglyphe angebracht, ein derartiger Bau wird ein monotriglyphischer genannt; sind zwischen zwei Axen zwei Triglyphen, so heisst er ein ditriglyphischer. Gibt man aber in jede Säulenaxe eine Triglyphe, so macht dies Schwierigkeiten an der Ecke, denn dann käme an die äusserste Ecke eine halbe Metope, ein neutrales Feld, das nach griechischer Auffassung unzulässig ist. Um diesen Uebelstand zu beseitigen, legten die Griechen die Triglyphe an die äusserste Ecke und nicht in die Säulenaxe, und damit dies in der Triglypheneinteilung nicht störend wirke, setzten sie die Ecksäule um ein weniges nach der Ecke zu (vergl. auch Fig. 1). Das K r a n z g e s i m s e (Geison) besteht in der Regel aus zwei Teilen; 1. der Hängeplatte, welche niemals fehlte, und 2. der Wasserrinne oder Sima, welche bei einzelnen Tempeln, wenigstens an den Langseiten, nicht vorhanden war. Die weit ausladende Hängeplatte wirft einen tiefen Schatten auf den Bau und namentlich die Skulpturen des Frieses. Damit der Schwerpunkt der Hängeplatte mehr nach innen falle, ist dessen Unterseite stark unterschnitten; damit das Regenwasser entsprechend abtropfen könne, erhielt die Vorderseite eine eigenartig gestaltete Wassernase. Die Unterseite hat überdies einen charakteristischen Schmuck aufzuweisen, welcher in schmalen, rechteckigen Platten besteht, die dreimal sechs Tropfen aufnehmen und Mutuli oder Viae genannt werden. Ueber der Hängeplatte befindet sich ein kleines dorisches Kymation und dann folgt die Wasserrinne oder Sima. Hier aber muss bemerkt werden, dass namentlich die älteren Tempel nur an den Giebelseiten Wasserrinnen hatten. War eine Sima vorhanden, dann wurde das Wasser durch den Rachen von Löwenköpfen ausgespieen [7]. (Vergl. auch d. Art. G r i e c h i s c h e r B a u s t i l.)

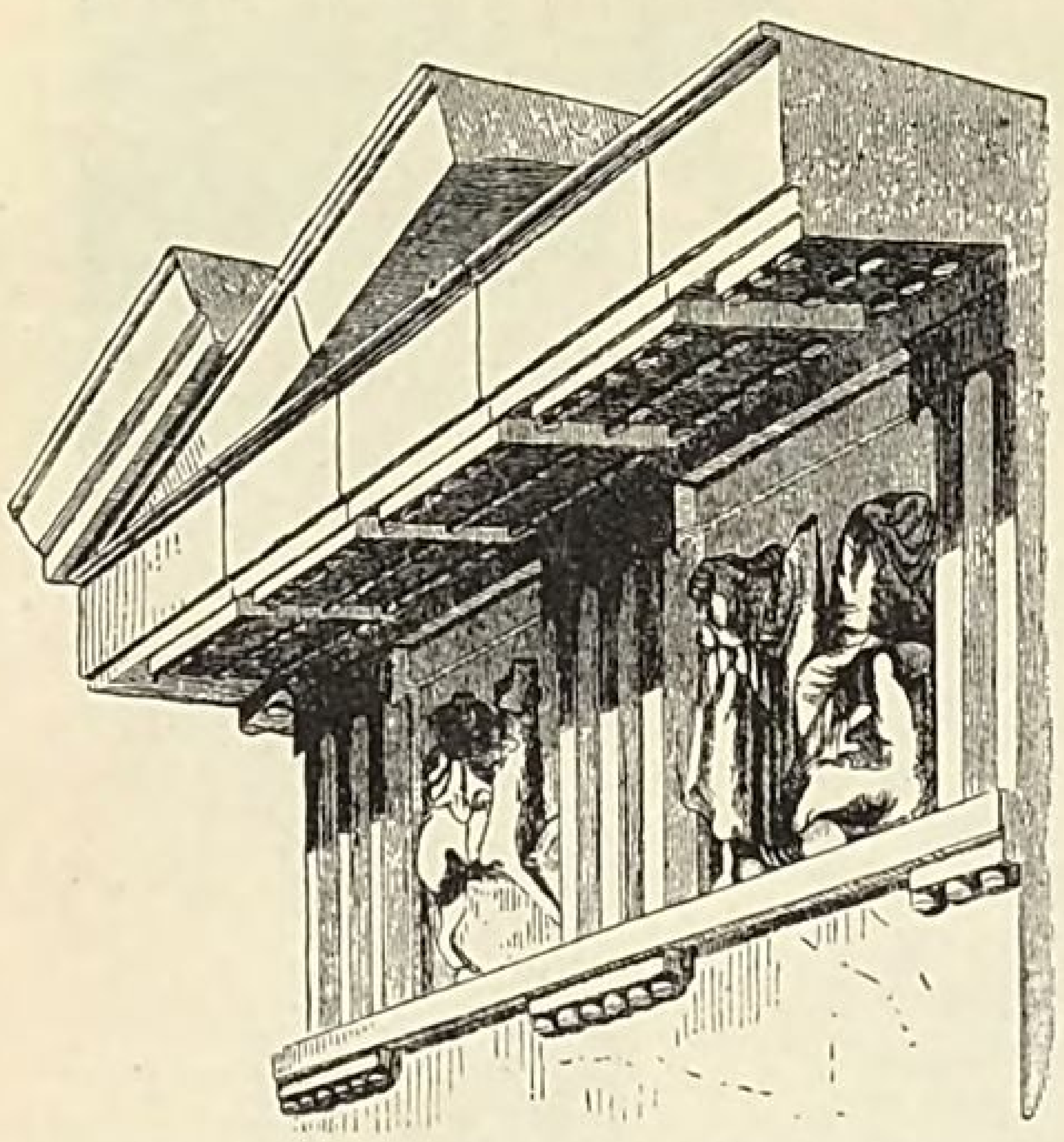


Fig. 4. Dorischer Fries mit Kranzgesims.

II. D i e r ö m i s c h - d o r i s c h e O r d n u n g. Diese hat im allgemeinen dieselben Hauptbestandteile wie die griechisch-dorische aufzuweisen; dennoch lassen sich wesentliche Unterschiede in der Detaildurchbildung feststellen.

Das Kapitäl der Säule besteht wesentlich aus einem Echinus und einem Abakus. Die allgemeine Gestalt des ersteren ist dadurch vereinfacht, dass sie die Form eines Viertelkreises und nicht mehr die Gestalt des Echinus-Kymations annimmt, andererseits erscheint sie wieder durch Umgestaltung in einen plastischen Eierstab wesentlich dekorativer gehalten (Fig. 5). Auf dem Echinus ruht ein mässig hoher Abakus mit einem kleinen lesbischen Kymation als oberen Abschluss. Ausserdem ist das römische Kapitäl durch einen weit mehr betonten Hals ausgezeichnet, welcher zwischen Rundstäbchen sitzt und nicht selten plastische Rosetten als Verzierung erhält. Der Säulenschaft ist schlanker gebildet, so dass die ganze Säule (inkl. Kapitäl und Basis) 7—8, selten mehr, untere Durchmesser aufweist. Verjüngung, Entasis und Kannelur wurden wie im griechischen Schwesterstile gebildet, nur dass die Kanneluren in einigen Fällen fortgelassen wurden, namentlich dann, wenn der Schaft aus geäderten Marmorsorten hergestellt erschien. Auch in der römischen Bauweise hatte die dorische Säule häufig keinen Fuss; erhielt sie aber dennoch einen, so wurde er aus verschiedenen Gliedern zusammengesetzt, die von der einfachen kleinen Plinthe bis zur vollständigen attischen Basis variirten [8]. Zu bemerken wäre ferner, dass Anten, Pilaster und freistehende Pfeiler keine besonderen Kapitäle und Füsse mehr erhielten, sondern dass dieselben den betreffenden Gliedern der Säule nachgebildet erschienen. Das Gebälke erhielt auch einige nicht unwesentliche Umgestaltungen. Der Architrav erscheint entweder im griechischen Sinne glatt und ungeteilt, oder er erhielt eine Zonenanordnung, wie sie im ionischen Stile gebräuchlich war. Der römische Fries pflegt ebenfalls Triglyphen und Metopen aufzuweisen, die eine nur wenig verschiedene Form annehmen, dagegen unterscheidet er sich prinzipiell von der Anordnung des griechischen Frieses dadurch, dass auch die Triglyphen über den Ecksäulen in der Axe liegen, so zwar, dass eine

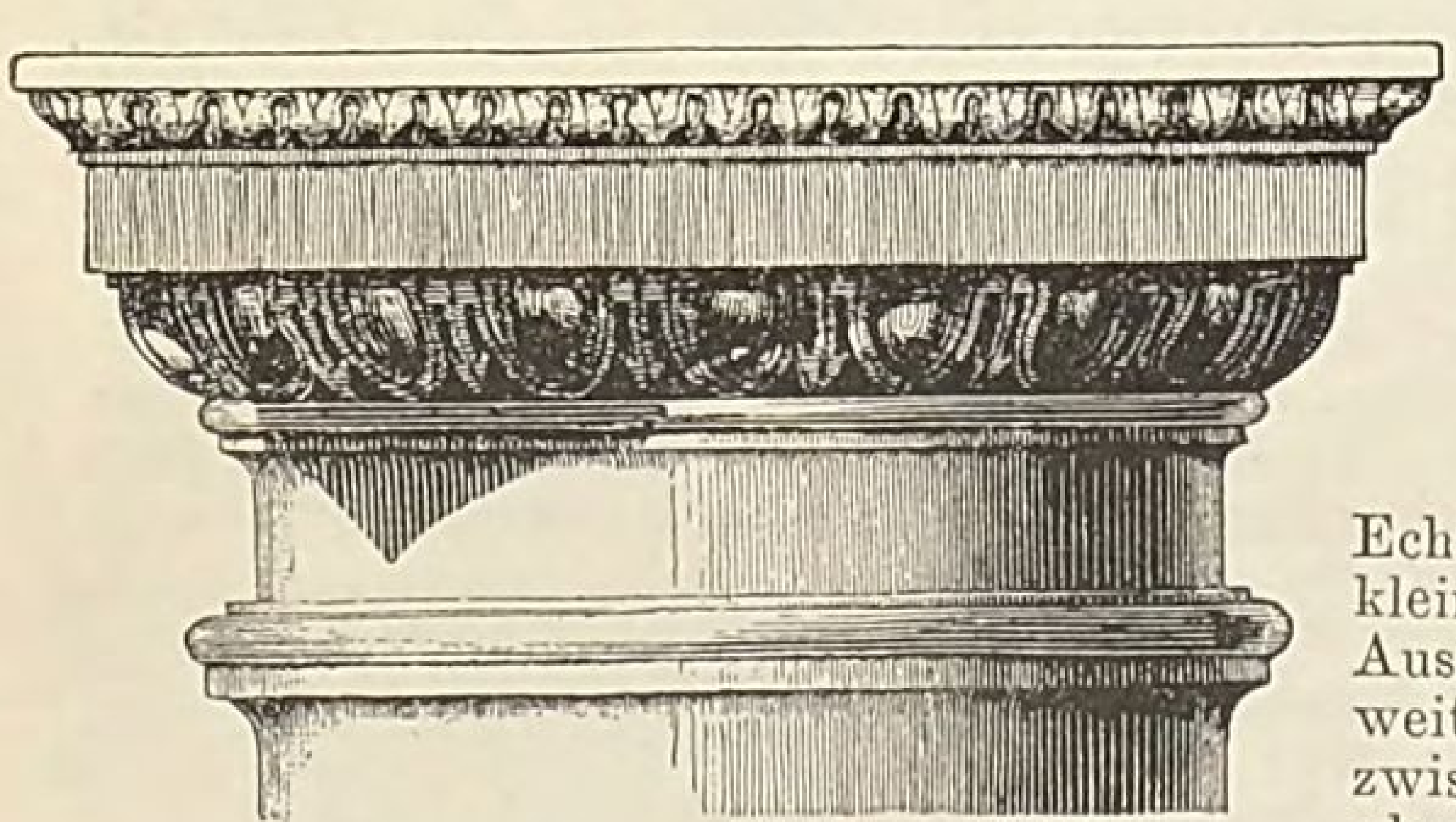


Fig. 5. Dorisches Kapitäl in Albano.

halbe Metope die äusserste Ecke bildet; es ist dies eine Einteilung, die in praktischer Beziehung viel Vorteile gewährt. Auch das Kranzgesimse zeigt nicht unwesentliche Unterschiede; so erhielt die Hängeplatte bald die dorische, bald die ionische Unterschneidung und ist zumeist mit Mutuli versehen, die sich aber bloss über den Triglyphen vorfinden. Zwischen den Mutuli erscheint ein vertieftes Feld angeordnet, das häufig mit Hängerosetten verziert wurde. Zuweilen sieht man auch zwischen Fries und Hängeplatte einen Zahnschnitt angebracht [3]—[7].

III. Die dorische Ordnung der Renaissanceperiode. Die dorische Bauweise war ihrer Einfachheit wegen weder im römischen Stile noch in der Renaissancezeit sehr beliebt, die häufigste Anwendung erhielt sie in der Hochrenaissance; es ist dies aber eine Kunstperiode, die es mit der strikten Nachbildung römischer Vorbilder sehr ernst nahm, so zwar, dass auch die dorische Ordnung sich direkt an römische Formen anlehnte und kaum etwas wesentlich Neues gebildet wurde. Um die Aufstellung von Vorbildern der Säulenordnungen haben sich namentlich L. B. Alberti, A. Serlio, J. B. von Vignola, Vincenz Scamozzi und Andrea Palladio grosse Verdienste erworben [6].

Litteratur: [1] Bötticher, Die Tektonik der Hellenen, Berlin 1872—81. — [2] Josef Durm, Die Baukunst der Griechen, Handbuch der Architektur, Darmstadt 1892. — [3] Wilh. Lübke, Geschichte der Architektur, 6. Aufl., Leipzig 1884. — [4] Alois Hauser, Stillehre I, Wien 1882. — [5] Kunsthistorische Bilderbögen von E. A. Seemann, Leipzig 1887. — [6] S. M. von Mauch, Die architektonischen Ordnungen der Griechen und Römer etc., Berlin 1862. — [7] Bühlmann, Die Architektur des klassischen Altertums und der Renaissance, Stuttgart 1877. — [8] Josef Durm, Baukunst der Römer, Handbuch der Architektur, Darmstadt 1885.

v. Schubert-Soldern.

Dorn, 1. beim deutschen Schlosse der Stift, an welchem das Schlüsselrohr eingeführt wird (Schlüsseldorn). 2. Bei einem Thürbande (s. Bänder, Bd. 1, S. 693), der Stift, um welchen sich die Lappen drehen. 3. Der runde oder vierkantige Stab, welcher, mit dem Thürgriffe oder Olive fest verbunden, der Falle oder dem Drücker die Bewegung mitteilt. *Weinbrenner.*

Dorn nennt der Schmied das stabförmige, stählerne, 0,2 bis 0,3 m lange Werkzeug von meist rundem, zuweilen auch vier-, sechs- oder achteckigem Querschnitte, welches dazu dient, um darüber dünnere Stäbe oder Bleche zu biegen und mit dem Hammer zu bearbeiten. — An der Drehbank versteht man unter Dornen cylindrisch oder schlank konisch abgedrehte eiserne Bolzen, auf welche Hülsen oder röhrenförmige Arbeitsstücke fest aufgetrieben werden, um dieselben äusserlich abzudrehen, zu welchem Zwecke der Dorn zwischen die Spitzen der Drehbank gebracht und in gewöhnlicher Art mittelst eines Mitnehmers umgedreht wird. — Dorn nennt man auch bei dem Ziehen und Pressen von Röhren den die Höhlung desselben ausfüllenden cylindrischen Kern. Um Löchern in Metallplatten eine genaue kreisrunde oder auch anders gestaltete Querschnittsform zu erteilen, wendet man ebenfalls unter dem Namen Dorne stählerne Stäbchen von dem betreffenden Querschnitte an, welche, wenn sie mit dem Hammer in die zu formenden Löcher eingetrieben werden, das Material so verdrängen, dass die beabsichtigte Gestalt entsteht. Zuweilen werden diese Dorne mit quergestellten Kerben versehen, so dass scherend wirkende Schneiden entstehen, durch welche bei dem Eintreiben feine Späne abgeschoben werden. — Vergl. auch Haspelförderung. *Herrmann.*

Dornband, s. Bänder, Bd. 1, S. 693.

Dornhammer, beim Eisenbahnoberbau, Hammer mit sehr schlankem Vorderteil, dient zum Aufsetzen beim Durchtreiben abgebrochener Schienennägel durch die Schwellen.

Dornkasten, s. Kochsalz.

Dornse, niederdeutsch für Stube, Zimmer.

Dornstein, Dornwand, s. Kochsalz.

Dorschkappel, s. Angelfischerei.

Dosenbarometer, s. Aneroid.

Dosenfabrikation, ein bedeutender Industriezweig der neuesten Zeit, umfasst die Herstellung der verschiedenen Blechdosen für Schuhwichse, Pomade, Konserven etc. Die Blechtafeln — in fast allen Fällen Weissblech, das häufig bunt bedruckt oder geprägt ist — werden mittelst Schnitt (s. d.) in runde, ovale, seltener viereckige Platten geschnitten und auf dem Gesenke (Durchzug) zu fertigen Deckeln, Unterteilen oder Halbfabrikaten weiter verarbeitet. Bei Dosen

bis ca. 20 mm Höhe (selten höher) geschieht die Herstellung von Deckel und Unterteil aus je einem Stück, in der Regel mit einmaligem Durchzug durch das Gesenke. Höhere Deckel oder Unterteile würden faltig und rissig werden, weshalb man in solchen Fällen sowohl Deckel wie Unterteile (Rümpfe) aus je zwei Teilen zusammensetzt (Deckel: Deckelboden und Deckelrand; Unterteil: Boden und Rumpf). Die Verbindung dieser Teile zu Deckeln oder Unterteilen geschieht durch Löten und — weitaus häufiger — durch Falzen. Preis, Blechstärke, Material (ob blank, geprägt oder bedruckt) sind für die eine oder andere Ausführungsart und die Höhe, bis zu welcher man gehen kann, bestimmend. Bedruckte Dosen werden stets gefalzt.

Fig. 1 stellt einen einfachen Durchzug im Schnitt dar. Die zugeschnittenen Platten werden bei *a* eingelegt, worauf die Gegenhaltung *b* mittelst Exzenter oder einfachem Hebel darauf gepresst wird, damit, wenn hierauf der Stempel (Ziehdorn) *g* die Blechplatte durch *e* zieht, in dem Dosenteil *D* keine Falten entstehen. Der Stempel ist im sogen. Spannkopf, der in der Spindelführung einer Ziehpresse befestigt ist, mit dem Ansatz *d* festgeschraubt. Als Ziehpresse benützt man Spezialmaschinen oder gewöhnliche Spindelpressen (Balanciers). Die Erweiterung *e* in der Matrize hat den Zweck, das Arbeitsstück *D* zurückzuhalten, bezw. von dem Stempel bei dessen Zurückbewegung abzustreifen. Deckel und Unterteil der einfachen Dosen werden auf gleiche Weise hergestellt, nur wird natürlich der Deckel um die sogen. Passstärke grösser gemacht. Dem Stempel *g* gibt man zum Luftablass eine (in der Zeichnung punktirte) Bohrung.

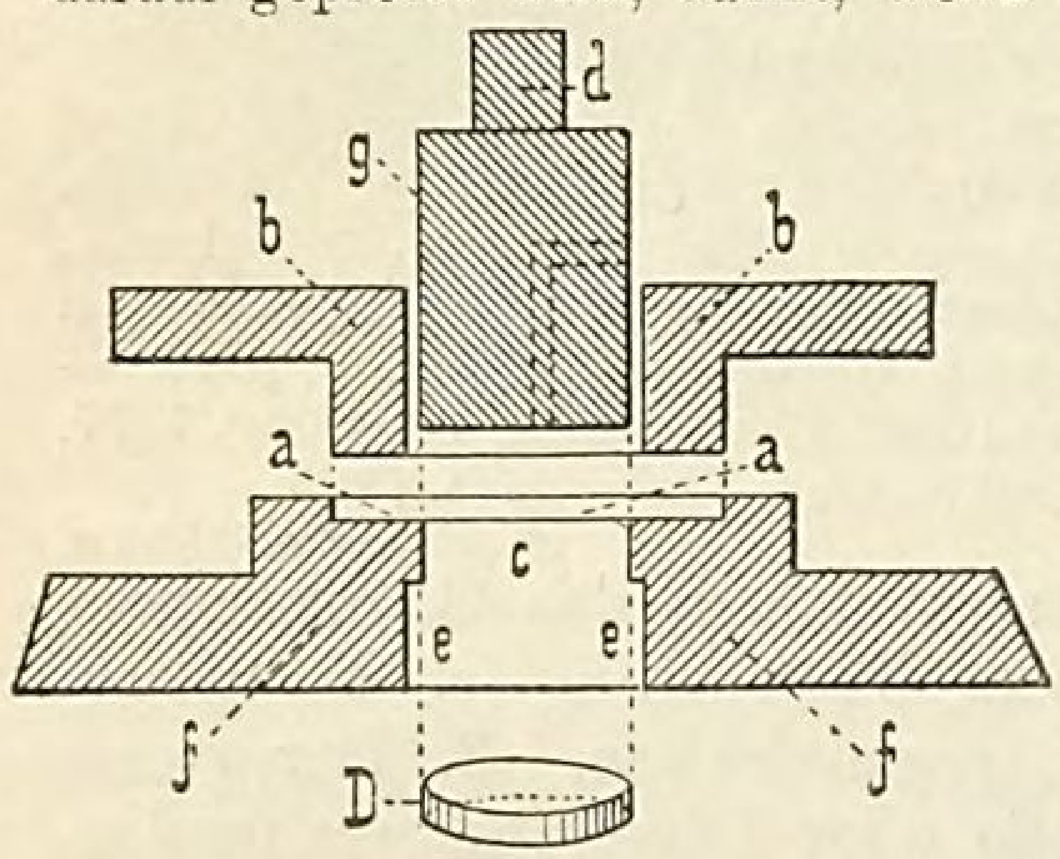


Fig. 1.

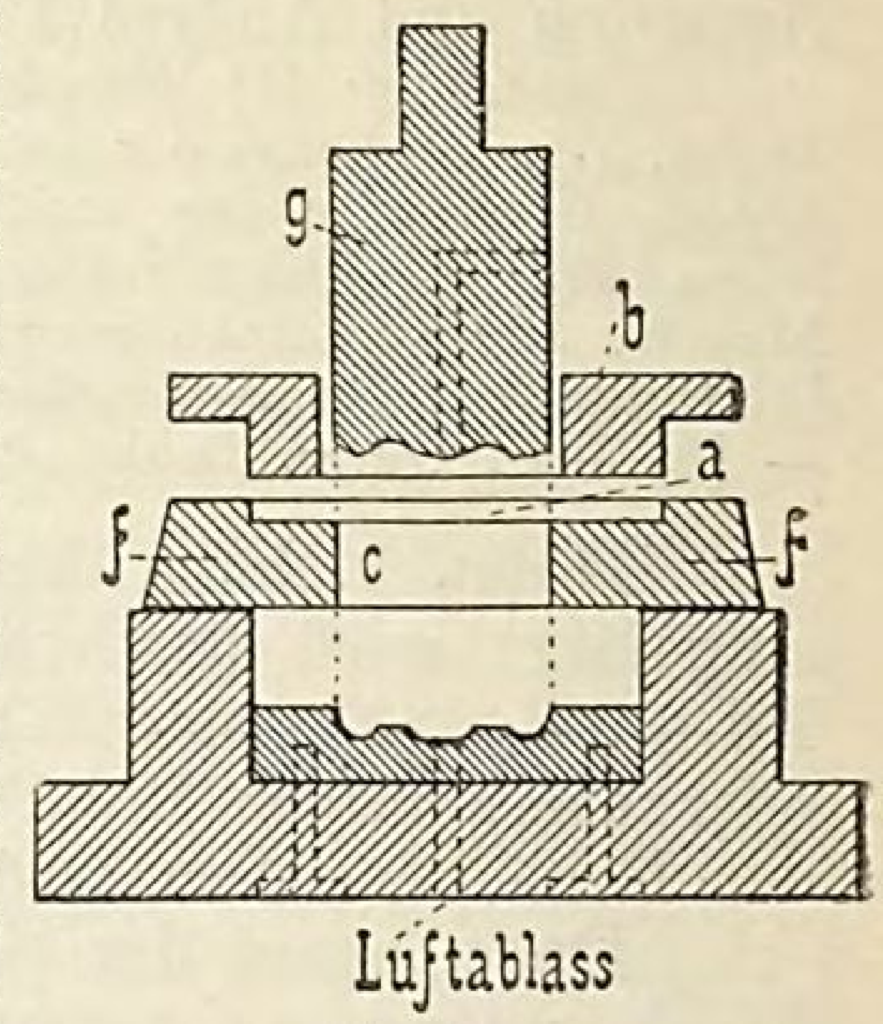


Fig. 2.

Um das Unterteil etwas gefälliger zu gestalten, gibt man ihm eine schmale Riefe, dort wo der Deckelrand aufsitzt. Dies geschieht auf der Sickenmaschine zwischen zwei in der Regel mittelst Handkurbel in Rotation versetzten Rollen. — Sollen die Dosen nach innen erhöhte (eingezogene) Böden erhalten, so wird unter das Gesenke (Durchzug, Fig. 1) eine der gewünschten Bodenform entsprechende Matrize so eingespannt, dass zwischen ihr und dem darüber befindlichen Durchzug genügend Spielraum vorhanden ist, um das Dosenteil nach der Fertigstellung hinweg zu schieben (Fig. 2).

In sehr mannigfaltiger Konstruktion sind in der Dosenfabrikation die Federschnitte in Anwendung. Dieselben funktioniren in umgekehrter Weise wie der Durchzug (Fig. 1), indem der Stempel unten, der eigentliche Durchzug (Matrize) jedoch oberhalb angeordnet ist. Dieselben ermöglichen auch die vollständige Herstellung eines Dosenteiles ohne Sicke mit einem einzigen Zug aus der ganzen Blechtafel. Bei grösseren Dosen (z. B. den bekannten Kaffee- und Zuckerdosen) wird der Rumpf ohne Boden zugeschnitten, auf der Rundmaschine cylindrisch gerundet, zusammengelötet und der Boden aufgefalzt. Letzteres geschieht entweder auf der Sickenmaschine oder Spezialmaschinen. Sind die Dosen nicht rund, so wird der Boden aufgestanzt, was stets auf Spezialmaschinen geschieht. Zur Herstellung des Deckels wird der Deckelrand in der Regel gleichfalls separat durch Runden und Zusammenlöten eines passenden Blechstreifens gebildet und die vorher in verschiedentlichen Fassons gedrückte oder gestanzte Deckelplatte aufgefalzt. Rumpf und Deckel werden dann mit Scharnieren verbunden. S. auch Papiermaché. *Liebetanz.*

Dosensextant oder Taschensextant (Box- oder Pocket-Sextant der Engländer), ein zuerst in England verfertigter, seit Jahrzehnten aber von jeder guten deutschen mathematisch-mechanischen Werkstätte zu beziehender kleiner Spiegelsextant (vergl. diesen Artikel und den Art. Spiegelinstrumente) in cylindrischem Gehäuse von meist etwa 7 cm Durchmesser und 5 cm Höhe und zur Ablesung von 1′ geteilt, mit oder ohne Fernröhrchen und Blendgläser (letztere können fehlen, wenn das Instrument nur zur terrestrischen Winkelmessung bestimmt ist); für geographische Reisende und für ähnliche flüchtige Messungen auch heute noch von grosser Bedeutung. Preis 70—120 *M.*

An dem einen Modell seiner Dosensextanten hat Breithaupt (Cassel) eine Vorrichtung angebracht, die statt des Positionswinkels, den sämtliche Spiegelinstrumente zunächst liefern, sogleich die Horizontalprojektionen der Winkel zu messen gestattet. *Hammer.*

Dossirungen (bei Deichen) oder Böschungen der Deiche. Der Neigungswinkel der Dossirung an der Aussenseite der Flussdeiche hängt von der Stärke des Stromangriffs und der Art des verwendeten Materials ab. Besteht letzteres aus Erde, welche durch Berasung geschützt ist, so genügt bei kleinen Flüssen eine 2—3fache, bei grösseren eine $2^1/_2$—4fache Neigung, die bei Sanddeichen in die 5—6fache übergehen kann. Die Anordnung von Steinschüttungen bei heftiger Strömung (insbesondere bei Gebirgsflüssen) gestattet eine $1^1/_2$—2fache Böschung, die sich bei einem in Mörtel gesetzten Pflaster auf 1 : 1 ermässigen lässt. Die Dossirung der Binnenseite der Flussdeiche wird zweckmässig nicht steiler als 1 : $1^3/_4$—1 : 2 und nur bei sehr gutem Boden, sowie Nichtbenützung des Deiches als Viehweide mit 1 : $1^1/_2$ ausgeführt, damit sich eine gute Rasendecke bildet und keine Abrutschung eintritt. Flachere Neigungen als 1 : 2 kommen nur bei Sanddeichen, bei weichem Untergrunde oder bei Wasserangriff auf der Binnenseite (z. B. infolge gelegentlicher Ueberflutungen), sowie bei Deichstrecken vor, die in der Nähe von Kolken liegen. — Die Seedeiche sind durch den Wellenschlag in der Regel weit stärkeren und häufigeren Angriffen ausgesetzt als die Flussdeiche. Die Aussenböschung ist deshalb meistens flacher, insbesondere wenn sie nur durch ein Vorland von geringer Breite und mässiger Höhe geschützt ist. Liegt dieselbe zugleich in starkem Wellenschlage, so kann eine Neigung von 1 : 8—1 : 10 erforderlich werden (Deiche an der Spitze Nordhollands und bei Westerkappeln auf der Insel Walchern); aber auch bei günstigerer Lage geht man nicht gern steiler als 1 : 3—1 : 4. Von Einfluss ist hier auch die Gestaltung der Aussenberme (vergl. das.). *Frühling.*

Dotteröl, s. Leindotteröl.

Doubel, auch Eskimo, nennt man ein insbesondere zu Sommermänteln (Paletots) verwendetes, mit Köperbindung aus Streichgarn glatt hergestelltes Gewebe. S. Tuchfabrikation.

Double mêches (Réunion), s. Kammgarnspinnerei.

Doublette nennt man diejenigen Nachahmungen und Fälschungen der Edelsteine, bei welchen aus zwei auf einander gekitteten minderwertigen Steinen ein scheinbar echter Stein erzielt wird. Man unterscheidet mehrere Arten der Herstellung.

Als echte Doublette wird eine solche bezeichnet, bei der zur Herstellung zwei minderwertige Stücke von echtem Material verwendet, z. B. zwei kleinere Diamantstücke zu einem scheinbar einheitlichen grösseren Brillanten verbunden werden. Bei den halbechten Doubletten besteht der obere, die Fassung überragende Teil des geschliffenen Steins aus echtem, der geschliffene untere Teil der Doublette aus einem gleichgefärbten, aber weniger wertvollen Material, z. B. Diamant auf Bergkristall oder weissem Saphir oder Glas, Rubin auf Granat, rotem Glas u. s. w. Man spricht hier von Diamant-, Rubin-Doubletten. Als Verbindungsmasse wird Mastix gebraucht. Glasunterlagen werden auch durch Anschmelzen an den eigentlichen Edelstein befestigt. Die Unterscheidung der doublirten Steine von den echten kann mitunter sehr schwierig sein, besonders bei geschickter Ausführung (Doubletten indischer Fabrikation) und in gefasstem Zustand. Doubletten zeigen dann auf den ersten Blick die Schönheit des echten Steines. Im ungefassten Zustand lässt sich an manchen Doubletten die Verbindungsnaht mit der Lupe oder kleine Luftbläschen im Kitt oder die Verschiedenheit des Materiales im Glanz und in der Farbe erkennen. Die mit Mastix gekitteten Steine zerfallen in heissem Wasser, da hier der Kitt erweicht. Angeschmolzenes Glas ist auf diesem Wege nicht zu erkennen, wohl aber mit Hilfe des polarisirten Lichtes oder auch durch die Verschiedenheit ihres Brechungskoefficienten. In einer stark lichtbrechenden Flüssigkeit wird man z. B. den Diamant der Doublette noch sehen, wenn man durch Verdünnung den Brechungsexponent der Flüssigkeit bis zu demjenigen des minderwertigen Materials (etwa Bergkristall) herabgedrückt hat und dieses alsdann unsichtbar wird. Als eine solche Flüssigkeit empfiehlt sich Methylenjodid.

Als unechte Doubletten bezeichnet man solche, bei denen der obere Teil derselben aus farblosem Material (Bergkristall oder Glas), der untere aber aus farbigem Glas hergestellt wird. Das Ganze erhält dann die Farbe des letzteren. Statt des gefärbten Glases wird auch gefärbte Metallfolie oder Gelatinepapier verwendet. Im ungefassten Zustand sind solche Fälschungen leicht mit blossem Auge zu erkennen, besonders wenn man nahezu in der Richtung der Verbindungsfläche sieht.

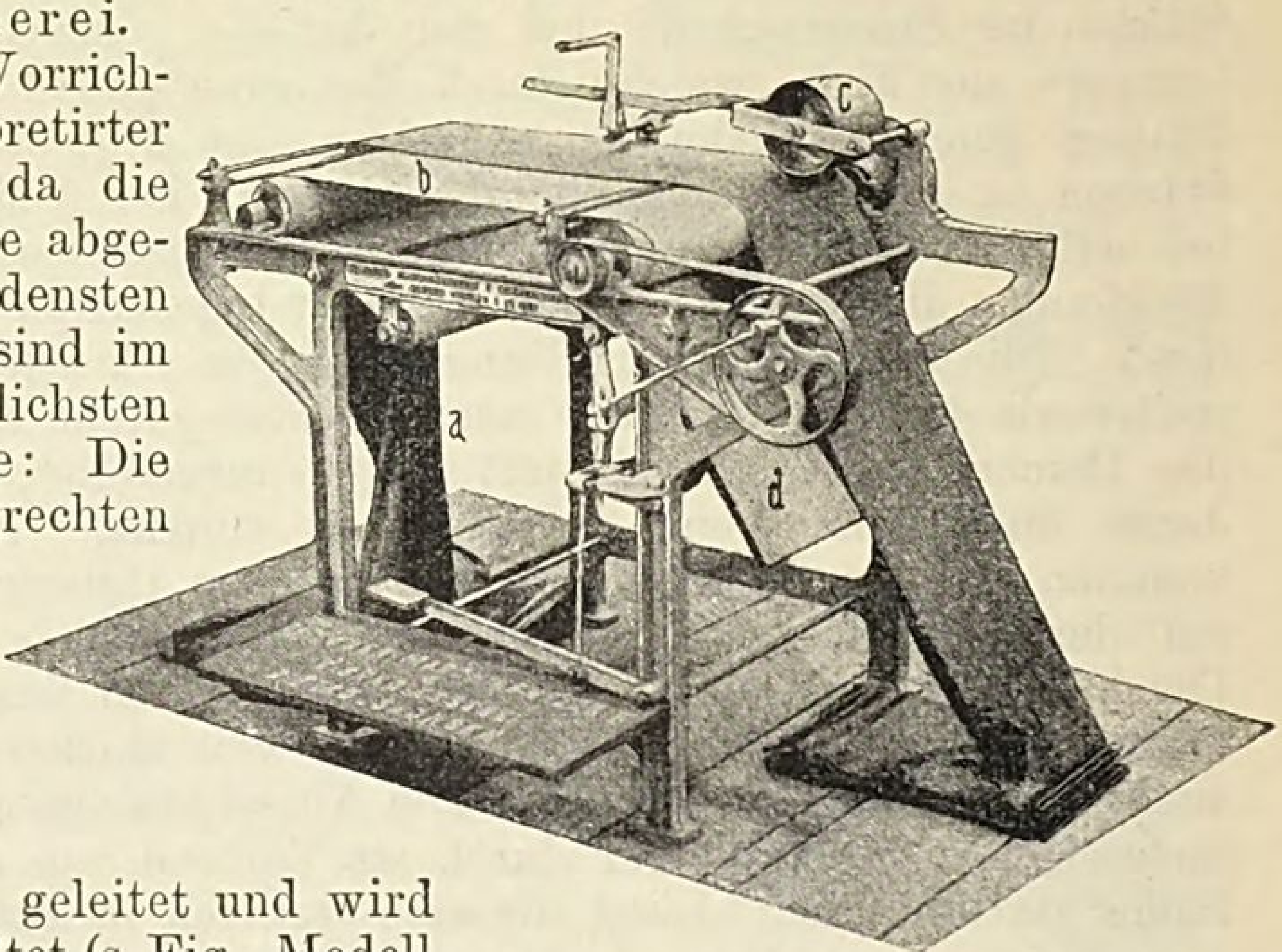
Eine andere Art der Fälschung durch Doubliren wird dadurch erzeugt, dass in den oberen die Fassung überragenden geschliffenen Teil eines falschen Steines, gewöhnlich Bergkristall oder

Glas, auf der unteren ebenen Fläche in eine halbkugelige, gut auspolirte Höhlung eine färbende Flüssigkeit eingeführt wird. Nachdem die Höhlung durch ein aufgekittetes Kristallblättchen verschlossen wird, zeigt der geschliffene Stein die Farbe der Flüssigkeit. Solche Hohldoubletten sind wie alle mit Mastix gekitteten Fälschungen zu erkennen.

Litteratur: Bauer, M., Edelsteinkunde, Leipzig 1895, S. 112. *Leppla.*

Doubleuse, s. Zwirnerei.

Doublirmaschine, Vorrichtung zur Faltung fertig appretirter Waren vor dem Wickeln, da die Waren meist in halber Breite abgeliefert werden. Die verschiedensten Systeme solcher Maschinen sind im Gebrauch. Eine der gebräuchlichsten Konstruktionen ist folgende: Die Ware läuft über einen wagrechten Metallstab mit abgerundetem Knopfe (Doublirwinkel) *a*, wird durch endlose Führungsbänder *b*, die auf Zugwalzen sitzen, nach der Druckrolle *c*, die mit regulirbarer Belastung versehen ist, geleitet und wird zum Schluss vom Falter *d* gefaltet (s. Fig., Modell „EU" der Zittauer Maschinenfabrik). — Vergl. auch Baumwollspinnerei, Bd. 2, S. 101, und Zwirnerei. *Weckerlin.*



Douchen, s. Duschen.

Douglasprozess, der Kupfergewinnung, s. unter Kupfer.

Douwes' Aufgabe. Die nach dem niederländischen Nautiker Douwes († 1773) benannte (übrigens etwas früher von Maupertuis gelöste und selbst 200 Jahre früher nachzuweisende) Aufgabe besteht darin, aus zwei zu beliebigen Zeiten des Tages gemessenen Höhen eines Gestirns, z. B. der Sonne, und der meist einige Stunden betragenden Zwischenzeit der Beobachtungen die geographische Breite des Beobachtungs-(Schiffs-)orts (und zugleich die Ortszeit der ersten Beobachtung) zu bestimmen.

(Wenn die Zeit, d. h. der Uhrstand gegen Ortszeit, bekannt wäre, so wäre die günstigste Zeit zur Höhenmessung für die Breitenbestimmung die Zeit der Kulmination der Sonne, s. Polhöhenbestimmung; wäre die Polhöhe bekannt, so wäre zur Zeitbestimmung durch Höhen die günstigste Zeit der Stand der Sonne in der Nähe des ersten Vertikals, s. Zeitbestimmung.) Die für einen festen Standpunkt sehr einfache Aufgabe komplizirt sich zur See etwas durch die zwischen beiden Beobachtungen liegende Ortsveränderung des Schiffs und bei Sonnenbeobachtungen durch die Deklinationsänderung der Sonne in dieser Zeit; sie ist auf den verschiedensten Wegen gelöst worden, z. B. von Lalande [1] (wie auch schon von Douwes selbst 1754) durch allmäliche Annäherung (eine genäherte Breite ist aus dem „gegissten" Schiffsort [durch Kompass und Fahrt vom letzten astronomisch bestimmten Schiffsort aus näherungsweise festgestellte Position des Schiffs] bekannt); vergl. [1] bis [5]. Uebrigens hat die Aufgabe seit Anwendung der „Sumnerlinien" (s. d. Art.) zur Bestimmung des Schiffsorts viel von ihrer Bedeutung verloren.

Litteratur: [1] S. z. B. Faye, Cours d'Astronomie de l'Éc. Polyt., Bd. 2, Paris 1883, S. 384—386. — [2) Wolf, Handbuch der Astronomie, II, 1, Zürich 1892, S. 85—86. — [3] Günther, Mathematische Geographie, Stuttgart 1890, S. 546—550 mit vielen Litteraturangaben; auch [4] ein beliebiges Lehrbuch der (astronomischen) Navigation, z. B. das deutsche amtliche Handbuch der Navigation, 2. Aufl., Berlin 1881, S. 295—298; endlich [5] die gründliche Abhandlung von Weyer, Die direkten oder strengen Auflösungen für die Bestimmung des Beobachtungsortes aus zwei Höhen der Sonne oder anderer bekannter Gestirne nebst dem Zeitunterschied der Beobachtungen. Ann. d. Hydr., 11. Jahrg., S. 69, 148, 209. *Hammer.*

Dovelshoofd, s. Takelage.

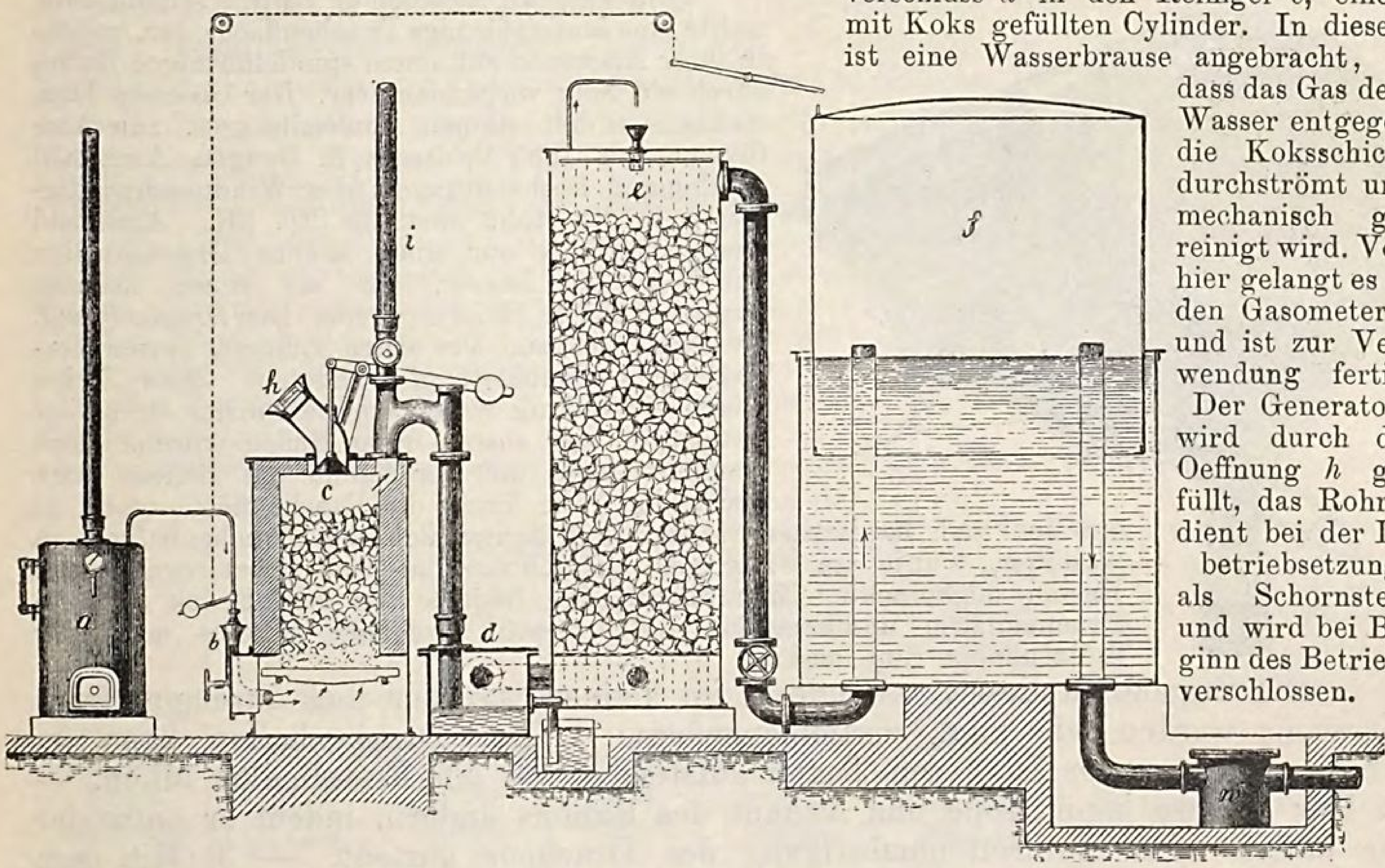
Dowd'sches Tunnelbausystem, s. Subaquarer Tunnelbau und Röhren-Tunnel.

Dowlas, sehr dichte, gute Leinwand (Lederleinwand), früher vorzugsweise in der Lausitz und in Schlesien hergestellt und viel nach England exportirt; auch Bezeichnung für starke, nicht appretirte Baumwollgewebe zu Leibwäsche.

Downton-Pumpe, s. Drainageeinrichtung.

Dowsongas ist im wesentlichen eine Mischung von Wassergas und gewöhnlichem Generatorgas. Man wendet es zum Betriebe von Gasmaschinen häufiger an als reines Wassergas, weil seine Darstellung weit einfacher ist. Insbesondere kann man den Vergaser dauernd ohne Umschaltung betreiben. Es entsteht also durch Zersetzung von Wasserdampf an glühenden Kohlen bei Luftzuführung. Die von Dowson entworfene Einrichtung ist in der Ausführung der Deutzer Gasmotorenfabrik folgendermassen angeordnet:

In einem kleinen Dampfkessel *a* wird Wasserdampf von 3 bis 4 Atm. Ueberdruck erzeugt. Dieser saugt in dem Dampfstrahlapparate *b* Luft an und drückt dieselbe unter den Rost des Generators *c*. Beim Durchstreichen der Brennstoffschicht zersetzt sich der Wasserdampf, während die Luft den Brennstoff glühend erhält. Das gebildete Gas gelangt durch den Wasserverschluss *d* in den Reiniger *e*, einem mit Koks gefüllten Cylinder. In diesem ist eine Wasserbrause angebracht, so dass das Gas dem Wasser entgegen die Koksschicht durchströmt und mechanisch gereinigt wird. Von hier gelangt es in den Gasometer *f* und ist zur Verwendung fertig. Der Generator wird durch die Oeffnung *h* gefüllt, das Rohr *i* dient bei der Inbetriebsetzung als Schornstein und wird bei Beginn des Betriebs verschlossen.



Als Brennstoff ist Anthracit oder Koks zu verwenden. Man gewinnt nach H. J. Pfeifer [1] aus 1 kg Anthracit etwa 4,7 cbm Gas von 1300 c Brennwert folgender Zusammensetzung: Kohlensäure, CO_2 = 6,0, Kohlenoxyd, CO = 23,0, Wasserstoff, H = 17,0, Sumpfgas, CH_4 = 2,0, Stickstoff, N = 52,0. Zum Betriebe von Gasmaschinen gebraucht man 0,75 bis 1 kg Brennstoff für die Stunde und Pferdekraft, teils im Generator, teils im Kessel.

Bei Untersuchung einer ältern Deutzer Zwillingsmaschine mit Schiebersteuerung und Regelung durch schiefen Nocken fand der Autor bei 136 Umdrehungen und 50,7 gebremsten Pferden 1893 einen Verbrauch von

0,81 kg Koks im Generator,
0,11 „ „ „ Kessel,
0,92 „ im ganzen.

Das Generatorgas enthielt: CO_2 = 6,2, CO = 24,0, H = 10,3, CH_4 = 1,5, N = 58,0, und hatte also den Brennwert 1080 c/cbm bezw. 890 c/kg. Teichmann und Böcking [2] fanden bei einer 50pferdigen Maschine und Anthracitbetrieb sogar nur

Generatorkohlen . .	0,677
Kesselkoks	0,087
Brennstoff	0,764 kg.

Der Betrieb mit Dowsongas ist reinlich, bequem, billig und bei guten Anlagen und aufmerksamer Bedienung ganz gefahrlos. Das Gas ist nicht, wie vielfach

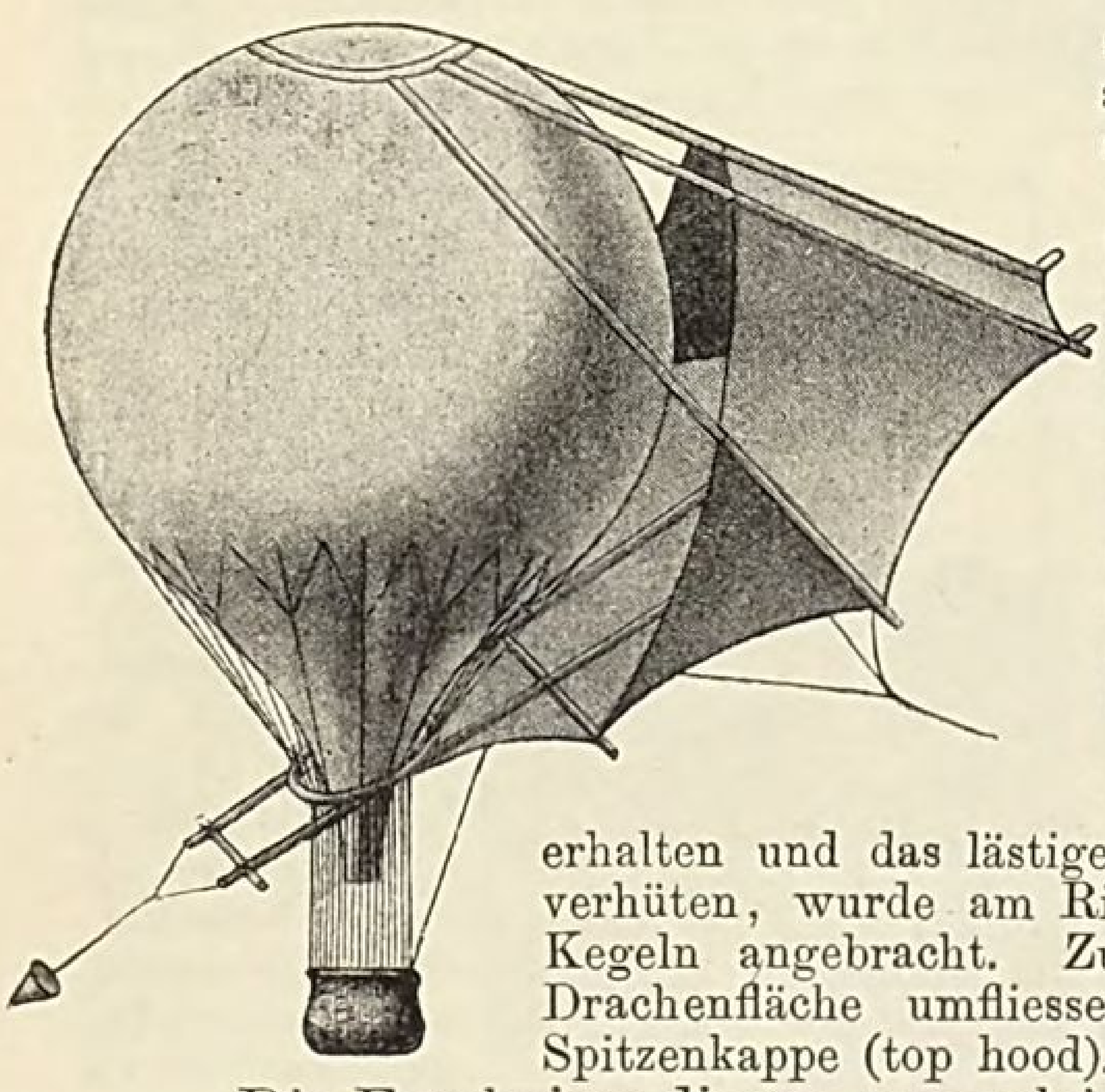
angenommen wird, geruchlos, sondern übelriechend; Undichtheiten in der Leitung können also leicht entdeckt werden. Analysen der Abwässer einer Generatorgasanlage, sowie der teerigen Abscheidungen und Generatorgasleitungen s. in [3].

Litteratur: [1] H. J. Pfeifer, Ueber Heizgas und seine Verwendung, Bayer. Industrie- u. Gewerbebl. 1890, als Sep.-Abdruck im Selbstverlag des Verfassers, Geislingen 1891. — [2] Teichmann u. Böcking, Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ingen. 1887, S. 1007. — [3] Hundeshagen u. Philip, Zur Kenntnis des Dowsongases, Zeitschr. für angew. Chemie 1894, Heft 3. *R. Schöttler.*

Doxrud'scher Prober, s. Petroleum.

Draâ (Diraâ), Längenmass, in Tripolis = 0,671 und 0,483 m, in Tunis = 0,6728, 0,6370 und 0,4883 m, in Marokko = 0,571 m.

Drachenballon. Der Fesselballon ist bekanntlich ein Spiel des Windes und man hat ihm aus diesem Grunde früher jede Brauchbarkeit für Zwecke militärischer Erkundigung und Beobachtung abgesprochen. Hauptmann Gaede der preussischen Fussartillerie glaubte diesen Uebelstand damit beseitigen zu können, dass er einen Ballon mit einer grossen Drachenfläche verband [1]. Er schuf mit dieser Idee den ersten Drachenballon.



Sein Projekt, welches er 1873 veröffentlichte, stellte eine lanzettförmige Drachenfläche dar, welche an ihrer Rückseite mit einem spindelförmigen Ballon durch ein Netz verbunden war. Der Gedanke kam, wenngleich mit einigen Abweichungen, zur Ausführung, als 1885 Professor E. Douglas Archibald in England Beobachtungen über Windgeschwindigkeiten in der Höhe anstellte [2], [3]. Archibald baute allerdings nur einen kleinen Drachenballon von $3^1/_4$ cbm Inhalt, der an einem leichten Drahtseil 225 m Höhe erreichte. Der Drache (vergl. die Figur) bestand aus einem Achteck, dessen Versteifung 4 Bambusstangen bildeten. Zwei Enden dieser Versteifung waren am Ballonring direkt befestigt, die vier oberen freien Enden wurden durch Bambusstangen mit der Krone des Ballons starr verbunden. Um ferner die Drachenfläche stabil zu erhalten und das lästige Stossen und Schwanken des Drachenballons zu verhüten, wurde am Ring noch ein Schwanz aus sich selbst regulirenden Kegeln angebracht. Zum Schutz des Ballons vor dem Druck der die Drachenfläche umfliessenden Luft versah Archibald dieselbe mit einer Spitzenkappe (top hood).

Die Ergebnisse dieses, wenngleich im kleinen, so aber doch durchgeführten Versuchs werden wie folgt zusammengefasst: 1. Der Drachenballon kann an einer viel grösseren Zahl von Tagen aufsteigen als ein Fesselballon allein. — 2. Der Insasse kann Höhe und Azimut des Ballons ändern, indem er entweder die untere oder die Seitenbefestigung des Drachens anzieht. — 3. Mit dem Drachen ist, ausgenommen bei Windstille, ein kleinerer Ballon nötig, um ein gegebenes Gewicht zu heben. Eine glücklichere Lösung des Problems eines Drachenballons fanden neuerdings Hauptmann v. Parseval und Ingenieur v. Siegsfeld, indem sie einen walzenförmigen Ballon wie einen Drachen unter einen bestimmten Neigungswinkel der Längsaxe in den Wind stellten und mit Steuervorrichtungen versahen (D. R. P. Nr. 75731).

Litteratur: [1] Archiv für Artillerie- und Ingenieur-Offiziere der preussischen Armee, Berlin 1873. — [2] Twenty-second Report of the Aëronautical Society of Great-Britain. — [3] Zeitschr. d. deutschen Vereins z. Förderung d. Luftschiffahrt, VI. Jahrg., 1887. *Moedebeck.*

Drachenblut (sanguis Draconis, resina Draconis, Sang-Dragon, Dragons Blood) ist ein rotes, harzartiges Produkt von verschiedener Abstammung und sehr verschiedenem Werte. I. Das für den europäischen Handel wichtigste Drachenblut stammt von den Früchten der Drachenrotangpalme (Daemonorops draco *Mart.*, Calamus draco *Willd.*), welche auf den Inseln des südostasiatischen Archipels (Sumatra, Borneo, Penang) einheimisch ist. Es heisst daher indisches oder Palmendrachenblut [1]—[4].

Zwischen den dachziegelförmig an einander liegenden, fast viereckigen Schuppen der nussgrossen Früchte dieser Palme scheidet sich das Harz ab und wird durch Abklopfen gewonnen. Früher liess man diese Harzpartikel mittelst Sonnenwärme oder Wasserdampf zu pfefferkorn- bis haselnussgrossen Körnern zusammenschmelzen und erhielt auf diese Weise die Körnersorte „Drachenblut in Körnern“ (in granis, en olives) als reinste und teuerste Sorte. Gegenwärtig schmilzt man mittelst Wasserdampf das Harz aus den Früchten heraus und formt

es zu cylindrischen oder etwas flach gedrückten, spitz zulaufenden, 2—5 dm langen, 1—3 cm dicken Stangen (Stangen-Drachenblut, Sanguis draconis in baculis, en baguettes), welche in das Blatt einer Palme (Licuala) gehüllt sind [3], [5]. Die Stangen sind hart, spröde, an der Oberfläche schwarzbraun, an der Bruchfläche dunkelrotbraun, sehr dicht und gleichmässig, mitunter mit Fruchtschuppenresten versehen, undurchsichtig, ohne Geruch und Geschmack. Das Pulver ist hochrot bis ziegelrot, klebt nicht zwischen den Fingern und ist in Alkohol, konzentrirter Essigsäure, Benzol, Schwefelkohlenstoff, Petroleum und Chloroform mit 20 % Rückstand löslich. Es schmilzt bei 120° und gibt bei der trockenen Destillation verschiedene Kohlenwasserstoffe [4], [6]. Die alkoholische Lösung gibt nach Zusatz von Eisenchlorid eine gelbbraune Lösung. — Eine andere, weniger reine Sorte dieser Drachenblut-Art ist das Kuchen- oder Massen-Drachenblut, formlose Massen von rotbrauner oder ziegelroter Farbe und grobkörnigem Bruche, durch Zerstampfen der Früchte gewonnen. (Vergl. die verschiedenen Gewinnungsmethoden in [1] und [2]). In reinem Drachenblut sind gegen 91 % amorphes rotes Harz, Calciumoxalat, Calciumphosphat, Benzoësäure [2], [4], Zimmtsäure [6] und Fett enthalten.

II. Westindisches oder amerikanisches Drachenblut wird von Pterocarpus Draco *L.* (Papilionaceae), von Croton Draco *Schlechtend.* (Mexiko), Dalbergia monetaria *L.* (Surinam) und Croton hibiscifolius *Müll.* (Nicaragua) abgeleitet. Es kommt in unserem Handel nicht vor [5]. — III. Canarisches Drachenblut (Madeira-Drachenblut), unregelmässige Stücke von dunkelroter Farbe, stammt von Dracaena Draco *L.* (Liliaceae). — IV. Somali- und Socotora-Drachenblut von Dracaena Ombet *Kotschy*, Draco schizantha *Baker*, ist mit der vorigen Sorte das Drachenblut der Alten (Kinnabari, Alachmen oder „Blut der fünf Brüder") [1]. Von dem indischen Drachenblut ist es durch chemische Reaktionen leicht zu unterscheiden (s. Tabelle).

Gefälschtes Drachenblut wird aus Kolophonium, Mastix, Ladanum und Sandelholz erzeugt. Es ist mikroskopisch leicht nachweisbar. Als Zusätze sollen mit Fernambuk gefärbtes Gummi, Dammar und Wachs in Verwendung kommen [1], [2]. In der Technik dient das Drachenblut zur Lackfabrikation; der rote Weingeistfirnis (die Tischlerpolitur) enthält Drachenblut. Nach Flückigers Untersuchungen [4] hat Prollius [5] die Reaktionen, mittelst welchen man das Palmendrachenblut vom Socotora-Drachenblut unterscheiden kann, in folgender Tabelle zusammengestellt.

	Farbe der Lösung	Bleizuckerlösung gibt	Kochung mit Aetzkalk gibt	Filtrat der Aetzkalk-Kochung mit Kohlensäure behandelt	Das Harz mit wässeriger Sodalösung gekocht	Salzsäure fällt aus der Lösung in Soda	Verdunstungsrückstand der Sodalös. in Alkohol gelöst
Palmen-Drachenblut in Weingeist gelöst	braunrot, stark verdünnt gelbrot	gelbroten Niederschlag	zinnoberrotes Filtrat	zinnoberroter Niederschlag	löst sich mit schwachbrauner Farbe	braune Flocken	rote Färbung
Socotora-(Dracaena-)Drachenblut in Weingeist gelöst	karminrot, auch bei starker Verdünnung	blassvioletten Niederschlag	dunkelbraunes Filtrat	graubrauner Niederschlag	löst sich mit dunkelbrauner Farbe	fällt erst gelben Farbstoff und dann rotes Harz	gelbe Färbung

Litteratur: [1] E. Martiny, Encyklopädie der med.-pharm. Naturalien- und Rohwarenkunde, Bd. II, Leipzig 1854. S. 693. — [2] Wiesner, Die Rohstoffe des Pflanzenreiches, Leipzig 1893, S. 144. — [3] A. Vogl, Kommentar z. 7. Ausg. d. öst. Pharmak., Wien 1892, Bd. II, S. 452. — [4] Flückiger, Pharmakognosie des Pflanzenreiches, 2. Aufl., Berlin 1883, S. 97. — [5] Prollius in Geissler-Moellers Real-Encyklopädie der ges. Pharm., Wien 1887, Bd. III, S. 530. — [6] Hirschsohn, Beitr. z. Chem. d. wichtigsten Harze, Gummiharze und Balsame, Archiv der Pharm. 1877. Bd. 210, und Inauguraldissert., Petersburg 1877. *T. F. Hanausek.*

Drachme, seit 1833 die Münz- und Rechnungseinheit in Griechenland, = 100 Lepta. Bis 1867 betrug ihr Silberwert 0,725 *M.*, von da an 0,751 *M.* (= dem des franz. Franken). Die noch im Verkehr befindlichen alten (vor 1833 geprägten) sind minderwertig; man rechnet 1 neue Drachme = 1 alte Drachme und 15 Lepta, $^1/_5$-Neu-Drachmenstück zu 25 Lepta (alt). — Als Handelsgewicht ist die sogen. königliche Drachme = 1 g, die alte Drachme = 3,208 g. Letztere gilt auch in der Türkei (400 Drachmen à 3,208 g = 1 Okka).

Drängvorrichtung, s. Wirkerei.

Drängwasser, auch Druck-, Kuver-, Qualm- oder Quellwasser wird dasjenige Wasser genannt, welches sich in eingedeichten Niederungen aus dem Boden hervordrängt, wenn der Wasserstand ausserhalb des Dammes längere Zeit höher als das Niveau des Binnengeländes steht. Dasselbe verdankt seine Entstehung dem hydraulischen Druck des Aussenwassers und tritt in um so grösserer Menge auf, je grösser die Höhendifferenz zwischen dem Aussen- und Binnenwasserstande ist. Ausserdem ist die Menge des Drängwassers durch die Beschaffenheit des Bodens bedingt; tiefgründige Kies- und Sandböden befördern das Auftreten von Drängwasser, während eine Bedeckung des durchlässigen Unterbodens mit dichteren Alluvionen oder die Zwischenlagerung von Thonschichten im Untergrund dasselbe vermindert oder ganz aufhebt. Tief eingeschnittene Gräben erhöhen unter allen Umständen die Menge des Drängwassers, weil sie den Widerstand des Bodens gegen das Durchströmen vermindern. Auch verlassene Flussbette wirken derart, wofern sie nicht mit dichten Ablagerungen ausgekleidet sind. Das durch den Boden aufquellende Drängwasser wird noch vermehrt durch das Wasser, welches bei undichten Dämmen diese durchsetzt, sowie durch das sich ansammelnde Regenwasser oder durch fremde Zuflüsse, welchen der natürliche Abzug versperrt ist.

Alle diese Wassermengen bilden oft bei längerer Dauer des hohen Aussenwasserstandes seeartige Ansammlungen, welche sich weit über die Niederung ausbreiten und in derselben schwere Beschädigungen durch Verderbnis der Feldgewächse, Durchnässung und Ueberschwemmung menschlicher Wohnstätten etc. hervorrufen. Um diesen mit der Eindeichung der Flüsse verbundenen Nachteilen zu begegnen, ist bei Projektirung des Deichsystems zugleich auf die Ableitung der Binnengewässer Bedacht zu nehmen. Hierzu werden im allgemeinen Lateralkanäle anzuordnen sein, welche die hinter den Deichen sich ansammelnden Wassermengen in einer zum Deichsystem annähernd parallelen Richtung thalabwärts leiten, um sie an einem geeigneten Punkte, sei es mittelst natürlicher Vorflut, sei es durch künstliche Hebung, dem Flusse zu übergeben. Wo aufgedämmte Seitengewässer die Thalniederung durchqueren, um sich mit dem eingedeichten Flusse zu vereinigen, sind dieselben über die Entwässerungskanäle hinwegzuführen.

Bei Anlage von Entwässerungskanälen oder künstlichen Wasserhebeanlagen zur Entwässerung eingedeichter Niederungen ergibt sich das Bedürfnis, die Menge des in gegebener Zeit zufliessenden Drängwassers kennen zu lernen. Die Ermittelung desselben ist jedoch zumeist keine leichte Aufgabe. Allgemeine Angaben hierüber sind bei der grossen Verschiedenartigkeit der das Drängwasser beeinflussenden Verhältnisse nicht möglich, vielmehr werden in jedem einzelnen Falle besondere örtliche Untersuchungen anzustellen sein. Hierbei wird durch regelmässige Beobachtungen festzustellen sein, um wieviel das sich ansammelnde Binnenwasser täglich ansteigt.

Derartige Untersuchungen ergaben in der Rhein-Niederung bei Oppenheim bei hochgehendem Rhein und beim Vorhandensein eines sandigen und kiesigen Untergrundes und einer wenig dichten Bodendecke ein Ansteigen des Wassers in eigens dazu hergestellten Probegruben von 0,026 m in 24 Stunden. Verfasser beobachtete bei Neckarau (Amtsbezirk Mannheim) unter ähnlichen Verhältnissen ein tägliches Ansteigen über Terrain von 0,023 m beim Vorhandensein ziemlich tief eingeschnittener Altrheinarme. Ueber die in einzelnen Fällen auftretenden Binnenwassermengen geben die Betriebsresultate ausgeführter Schöpfanlagen zur Geländeentwässerung Aufschluss. So werden gefördert pro Stunde und Hektar: im Bremer Blockland 2,0 cbm, in der Rhein-Niederung bei Oppenheim 6,0 cbm und bei Guntersblum 4,6 cbm, in der Po-Niederung bei Ferrara 2,3 cbm. Bei 132 in Preussen ausgeführten Dampfschöpfwerken kommt im Durchschnitt auf 1000 ha für 1 m Förderhöhe eine Betriebskraft von 13,6 Pferdekräften, woraus auf eine zu befördernde Wassermenge von 2,5 cbm pro Stunde und Hektar zu schliessen ist. In Holland wird von Alters her die zur künstlichen Wasserhebung aus dem Binnenlande erforderliche Betriebskraft zu 12 Pferdekräften für je 1000 ha und 1 m Förderhöhe angenommen, was einem Förderquantum von 2,25 cbm pro Stunde und Hektar entspricht. ***Drach.***

Dragge, s. Schiffsanker und Anker, Bd. 1, S. 347.

Dragons, s. Stöcke.

Draht heisst im allgemeinen das in dünnen und verhältnismässig langen Stücken hergestellte Halbfabrikat aus Eisen, Stahl, Kupfer, Messing, Neusilber, Aluminium, Silber und Gold (s. Drahtfabrikation). Seltener kommt Draht aus Zink und Blei, solcher aus Zinn gar nicht vor. Gewisse dünne Holzstäbchen führen den Namen Holzdraht. Meist gebräuchlich ist für Draht ein kreisförmiger Querschnitt, dessen Durchmesser bei den dicksten Drähten bis zu etwa 12 mm beträgt, nach unten hin in Abstufungen bis zu etwa 0,2 mm bei den gewöhnlichen

Sorten abnehmend; doch stellt man für gewisse Zwecke noch viel feinere Drähte her. So sind die zur Anfertigung der Gespinnste verwendeten Gold- und Silberdrähte nur etwa 0,04 mm dick; aus Platin hat man noch viel feinere Drähte angefertigt. Die Dicke der Drähte bezeichnet man durch die Nummern der zum Messen derselben angewendeten Drahtlehre (s. d.). Die Länge der einzelnen Drahtstücke ist immer sehr gross und im allgemeinen um so bedeutender, je geringer die Dicke ist. Während der unter dem Namen Walzdraht in den Handel kommende Draht von 4 bis 5 mm Dicke in einzelnen Adern bis zu etwa 100 m Länge angefertigt wird, hat man Eisendraht von 0,2 mm Dicke schon in Längen von über 40000 m hergestellt. Im allgemeinen wird in der Praxis gefordert, dass ein Ring Draht aus möglichst wenig einzelnen Adern bestehe, weil die Verwendung kürzerer Stücke mit Verlust an Zeit und Material verbunden ist. In den Handel kommt der Draht in der Form von Ringen, die in der Art wie die Garnstränge durch Haspeln gebildet werden. Ein Hauptererfordernis guten Drahtes ist, dass er in der ganzen Länge möglichst genau denselben Querschnitt hat und von unganzen Stellen und schieferigen Teilen frei ist.

Neben dem runden Drahte werden für bestimmte Zwecke auch Drähte von anderem Querschnitte angefertigt, welche man allgemein als Fassondraht oder Dessindraht bezeichnet. So stellt man Draht her von quadratischem, rechteckigem und ovalem Querschnitte; für die Anfertigung der Tapetendruckformen gebraucht man Draht von sternförmigem, rosettenförmigem, halbmondförmigem Querschnitte; für gewisse Kratzenbeschläge dient der Sektoraldraht (Fig. 1). In der Sammtweberei finden Nadeln aus Draht von der Form der Fig. 2 und 3 Anwendung; der Brillendraht (Fig. 4) dient für die Anfertigung der Brillengestelle, während der Uhrmacher aus Drahtstücken von der Form des Triebstahls (Fig. 5 und 6) die kleinen Zahngetriebe für Taschenuhren dadurch herstellt, dass er von dem Stahlstäbchen dünne Scheibchen abschneidet und in der Mitte mit einer Bohrung für die Axe versieht; je nach der Anzahl der Rippen oder Zähnchen unterscheidet man diesen sogen. Triebstahl wohl in Neuner-, Zehner-, Zwölfer- u. s. w. Triebstahl. In gleicher Weise dient Draht von dem Querschnitte (Fig. 7) zur Anfertigung der kleinen Sperrkegel in Uhren.


1. 2. 3. 4. 5. 6. 7.
Fig. 1—7.

Da bei der Herstellung des Drahtes durch das sogen. Ziehen die einzelnen Fibern des Metalles einer wiederholten Zusammendrückung nach der Querrichtung unterworfen werden, so erklärt sich hieraus, warum Draht unmittelbar nach dem Ziehen ein grösseres spezifisches Gewicht und eine grössere Steifigkeit oder Härte hat als vor dem Ziehen; auch die Zugfestigkeit des Materials erfährt durch das Ziehen eine bedeutende Vergrösserung. Diese Zunahme ist kaum merklich bei weichen Metallen, wie Blei, Zink oder Zinn, am grössten bei Messing, Platin und Eisen; Gold, Silber und Kupfer zeigen in dieser Hinsicht ein mittleres Verhalten.

Wird der durch das Ziehen hart gewordene Draht ausgeglüht und darauf einer langsamen Erkaltung ausgesetzt, so verschwindet die Vergrösserung der Dichtigkeit und Zugfestigkeit wieder. Der Draht verkürzt sich dabei in geringem Grade und seine Dicke nimmt zu. Nach den darüber angestellten Versuchen beträgt die durch das Glühen hervorgebrachte Vergrösserung der Dicke durchschnittlich bei Eisen 1/88, bei Messing 1/35 und bei Kupfer 1/23 des Durchmessers. Man unterscheidet hiernach hartgezogenen oder blanken Draht von dem ausgeglühten oder schwarzen Draht, welcher Name dem ausgeglühten Drahte von der Glühspanschicht gegeben wird, mit welcher sich derselbe infolge der Oxydation überzieht.

Wenn daher Draht bei seiner Verwendung einem wiederholten Biegen ausgesetzt werden soll, wie es z. B. zum Zwecke des Bindens, Flechtens u. s. w. erforderlich ist, so muss der Draht zuvor immer erst ausgeglüht werden, während man hartgezogenen Draht überall dort anwendet, wo die ihm innewohnende Steifigkeit und Elastizität für die hergestellten Gegenstände erforderlich oder wünschenswert ist, z. B. für die Anfertigung der verschiedenen, aus Draht gebildeten Federn und für mancherlei Bügel und Klammern etc. (s. Drahtarbeiten).

Um über das Verhältnis der absoluten oder Zugfestigkeit der Drähte im harten und im geglühten Zustande ein ungefähres Urteil zu gewinnen, kann die von Karmarsch angegebene Formel $f = \alpha d^2 + \beta d$ dienen, in welcher d den Durchmesser des Drahts in mm bedeutet, während f die Zugfestigkeit, d. h. die zum Zerreisen erforderliche Kraft in kg ist und α und β zwei Erfahrungszahlen sind, die für verschiedene Metalle die aus der folgenden Tabelle I zu ersehenden Werte haben.

Tabelle I.

Draht aus	Ungeglüht α	Ungeglüht β	Geglüht α	Geglüht β	Draht aus	Ungeglüht α	Ungeglüht β	Geglüht α	Geglüht β
Gold, 14kar. (0,583 fein)	62,5	11,5	48	7	Kupfer	27,5	7,5	18,5	0
Stahl	50	21	45	3	Platin	17,5	9,5	14,5	7,5
Eisen, Klaviersaiten .	50	18	34	5	Silber, fein	19	7,5	13	1,5
„ bester gew. Draht	50	12,5	26	3	Gold, fein	14,5	5	12	1,5
„ guter „ „	46	11,5			Zink	10	1,8	—	—
„ gewöhnl. Drähte	36	18	22,5	5	Blei	1,9	0	—	—
Neusilber (Argentan) .	36,5	21	36,5	3,5		bis			
Silber, 12löt. (0,75 fein)	39,5	16,5	25,5	8		1.25	0	—	—
Messing, gewöhnl. Draht	43	8	22,5	5,5	„ durchschnittl. hartes	1,75	0	—	—
„ Klaviersaiten .	39,5	5,5	27,5	2	„ „ weiches	1,35	0	—	—

Nach den vom Verein deutscher Eisenhüttenleute unterm 17. März 1889 aufgestellten Vorschriften für die Lieferung von Eisen und Stahl soll verzinkter geglühter Telegraphendraht aus Flusseisen eine Zugfestigkeit $K \geqq 4000$ kg für 1 qcm haben, während die Zugfestigkeit für verzinkte Telephondrähte aus Gussstahl (2,5 bis 1,6 mm Durchmesser) zu 13000 bis 14000 kg vorgeschrieben wird.

Um zugleich einen ungefähren Anhalt über die gebräuchlichen Drahtstärken zu geben, kann die ebenfalls von Karmarsch angegebene Zusammenstellung einiger Drahtgattungen dienen, wie sie in der Tabelle II hier wiedergegeben ist.

Tabelle II.

Drahtgattung	Anzahl der Nummern	Dicke in mm gröbste No.	Dicke in mm feinste No.	Durchschn. Verdünnungsfaktor *)
Eisendrähte, gewöhnliche . . .	40	11.53	0.10	0,886
„ „ . . .	25	7,00	0,40	0,888
„ „ . . .	36	6,60	0,13	0,894
„ „ . . .	54	18,20	0,18	0,915
„ Klaviersaiten . . .	15	0,80	0,15	0,887
„ „ . . .	29	1,12	0,31	0,955
„ Kratzendraht . . .	23	1,00	0,37	0,956
„ Seildrähte . . .	17	6,25	1,07	0,896
Stahldrähte, gewöhnliche . . .	36	7,49	0,18	0,899
„ für Uhrmacher . .	114	12,55	0,33	0,968
„ Klaviersaiten . . .	20	1,47	0,38	0,931
„ Nadeldrähte . . .	24	1,22	0,10	0,898
„ Uhrfederdrähte . .	16	1,75	0,89	0,956
Messing- und Kupferdrähte . .	26	5,60	0,40	0,900
„ „ „ . .	62	18,8	0,19	0,927
Messingene Klaviersaiten . . .	31	1,14	0,25	0,951
Tombak-, Kupfer-, Argentan . .	36	7,40	0,23	0,905
Versilberte Kupferdrähte . . .	21	2,89	0,12	0,853
Echte Silberdrähte	10	0,26	0,05	0,833
„ „	20	0,28	0,04	0,901

Litteratur: Karmarsch, Mechan. Technologie, 5. Aufl., von Hartig, Hannover 1875. — Ledebur, Mechanisch-metallurg. Technologie, Braunschweig 1877. — Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ingen., Jahrg. 1884, S. 269, 368, 820; Jahrg. 1886, S. 1135; Jahrg. 1887, S. 853, 876. *Herrmann.*

Draht (Drall, Drehung, tors, twist) Grad der Drehung der Gespinnste, welcher durch die Anzahl schraubenförmiger Windungen ausgedrückt wird, die der Faden auf bestimmte Länge, z. B. 1 cm oder 25 mm oder 1 Zoll engl. u. s. f. enthält. Garne gleicher Gattung, welche demselben Verwendungszwecke dienen, werden geometrisch ähnlich hergestellt; es wird daher der Draht in der Regel verhältnismässig der Quadratwurzel aus der Feinheitsnummer der Gespinnste genommen. (S. Baumwollspinnerei, Bd. 2, S. 110 u. 114.) *E. Müller-Hannover.*

Drahtarbeiten. Draht dient vorzugsweise zur Herstellung von Drahtstiften, Drahtseilen und Drahtsieben sowie den aus Draht gefertigten Nieten und Holzschrauben, den verschiedenen Arten von Nadeln, Fischangeln und ähnlichen Gegenständen.

Die in der Spinnerei viel gebrauchten Kratzenbeschläge bestehen aus Leder, welches auf seiner ganzen Fläche gleichmässig mit gebogenen Zähnchen aus Draht besetzt ist, während man die Weberblätter oder Riete kammartig aus vielen, mehr oder minder dicht neben einander

*) Ueber den Verdünnungsfaktor s. Drahtfabrikation.

befindlichen Drahtstäbchen zusammensetzt, die aus rundem Draht geschnitten, vor der Zusammensetzung zwischen Walzen platt gedrückt werden und durch deren Zwischenräume man die Kettenfäden des herzustellenden Gewebes hindurchzieht. Ebenso macht man vielfach für gröbere, namentlich wollene Gewebe, die zum Heben der Kettenfäden dienenden Weberlitzen aus je zwei zusammengedrehten dünnen Drähten, welche in ihrer Mitte die Oeffnung für den hindurchgezogenen Kettenfaden zwischen sich belassen. Die Nadeln und Platinen für die zum Weben von gemusterter Ware dienende Jacquardvorrichtung sind fast immer aus Draht gefertigt. Dünner Gold- oder Silberdraht, echt oder unecht, d. h. vergoldet und versilbert, wird in Gestalt schraubenförmig gewundener feiner Röhrchen zu mancherlei Verzierungen an Borten, Quasten und anderen Posamentirarbeiten unter dem Namen Kantillen oder Bouillons gebraucht, wobei der Draht entweder rund oder in geplättetem Zustande als sogen. Lahn verwendet wird. Garnfäden von Seide oder Baumwolle mit solchem Lahn umsponnen, d. h. mit dicht neben einander liegenden Windungen umwickelt, werden unter dem Namen Gespinnst vielfach bei der Herstellung von Gold- und Silbergeweben sowie in der Stickerei gebraucht; die Verwendung dünnen Drahtes für die Anfertigung kunstvoller Filigranarbeiten ist bekannt. Die für Putzartikel benützten Flitter sind kleine, platt geschlagene Drahtringelchen, dadurch erzeugt, dass man röhrenförmig gewundene Kantillen der Länge nach aufschneidet. — Allgemeine Verwendung finden die verschiedenen aus Draht gebogenen Haken und Oesen für Kleider (Fig. 1—6), welche durch besondere Maschinen selbstthätig hergestellt werden, ebenso wie die verschiedenen Schnallen (Fig. 7—15), Drahthafte (Fig. 16—18), Verbandstifte (Fig. 19—20), Winkelhaken (Fig. 21—23), Splinte (Fig. 24—25), Krampen (Fig. 26—28), Ringschrauben (Fig. 29—30), Kistengriffe (Fig. 31) u. dergl. mehr. Durch Winden von Draht erzeugt man die verschiedensten Arten von Federn, wie Fig. 32—34, und durch Vereinigung von Ringelchen mancherlei Ketten (Fig. 35—42). Desgleichen werden Bürsten aus Stahldraht als Kratzbürsten, Haarbürsten und Rohrwischer für die Siederöhren in Dampfkesseln angefertigt (Fig. 43—45; s. auch den Art. Drahtbürsten). Die Verwendung von Draht zum Festhalten der Champagnerpfropfen ist bekannt, ebenso wie die Einrichtung der neuerdings so viel benützten Drahtbügel für Flaschenverschlüsse. Mancherlei Geflechte aus Draht dienen zu Einfriedigungen (siehe Drahtmaschengitter) und durch Pressung derselben erzeugt man Körbe, Hühnernester u. s. w. Hier sind auch die geflochtenen oder aus in einander gehängten Drahtschrauben bestehenden Fussmatten anzuführen, ebenso wie die in

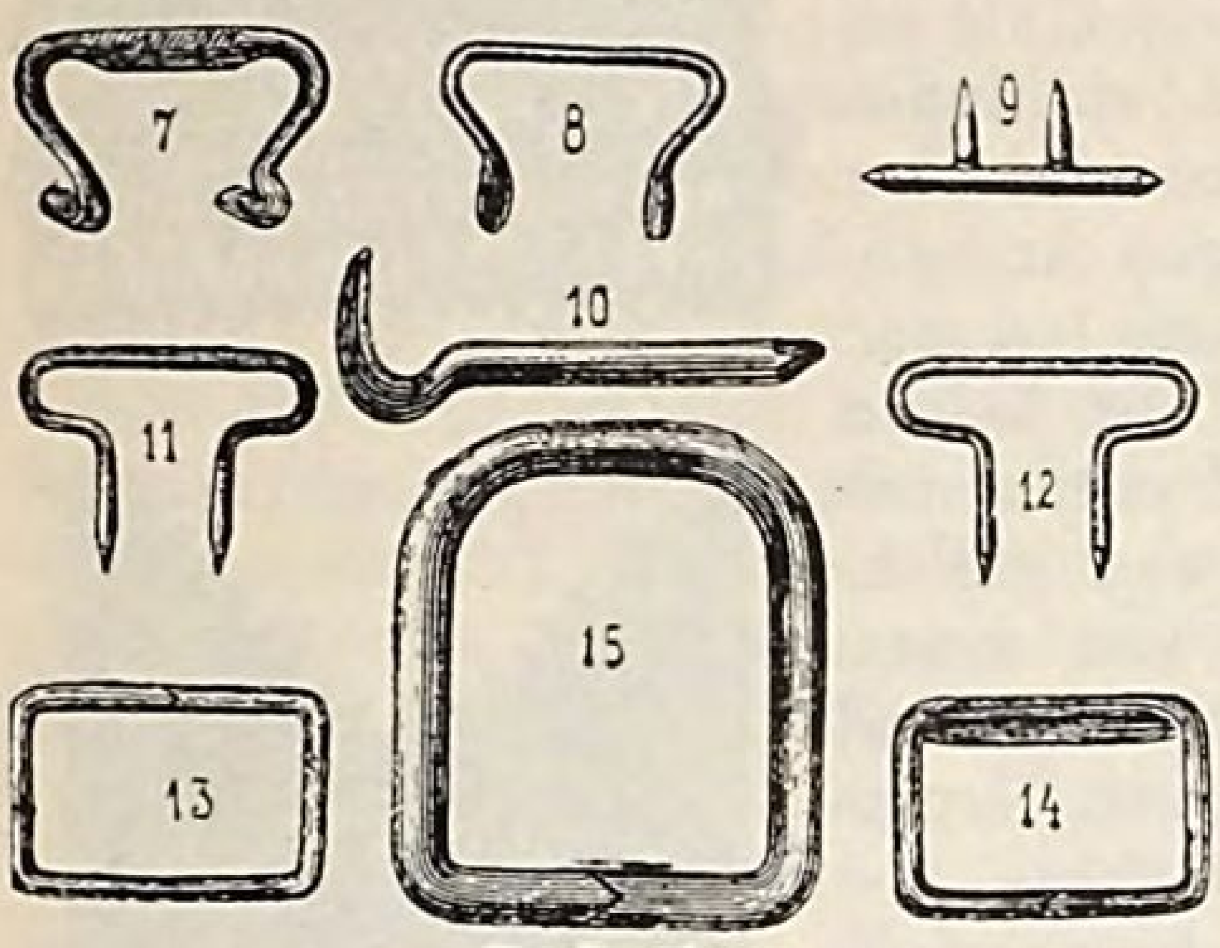


Fig. 7—15.

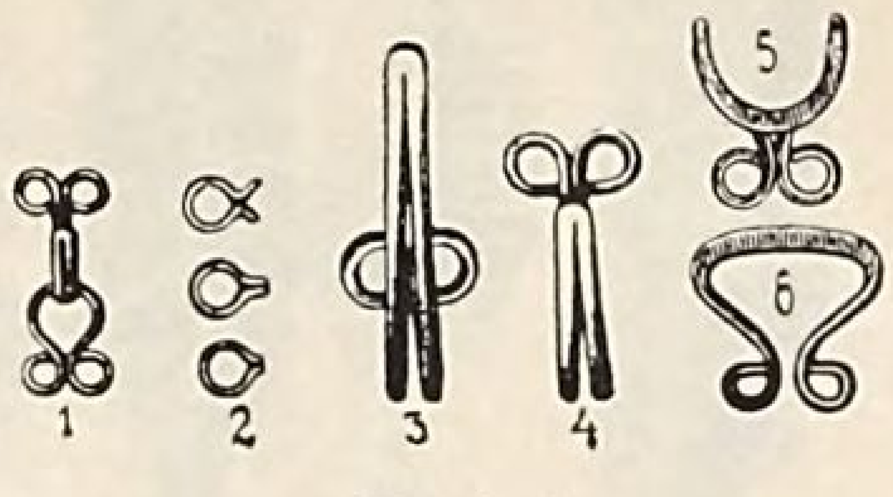


Fig. 1—6.



Fig. 16—18.

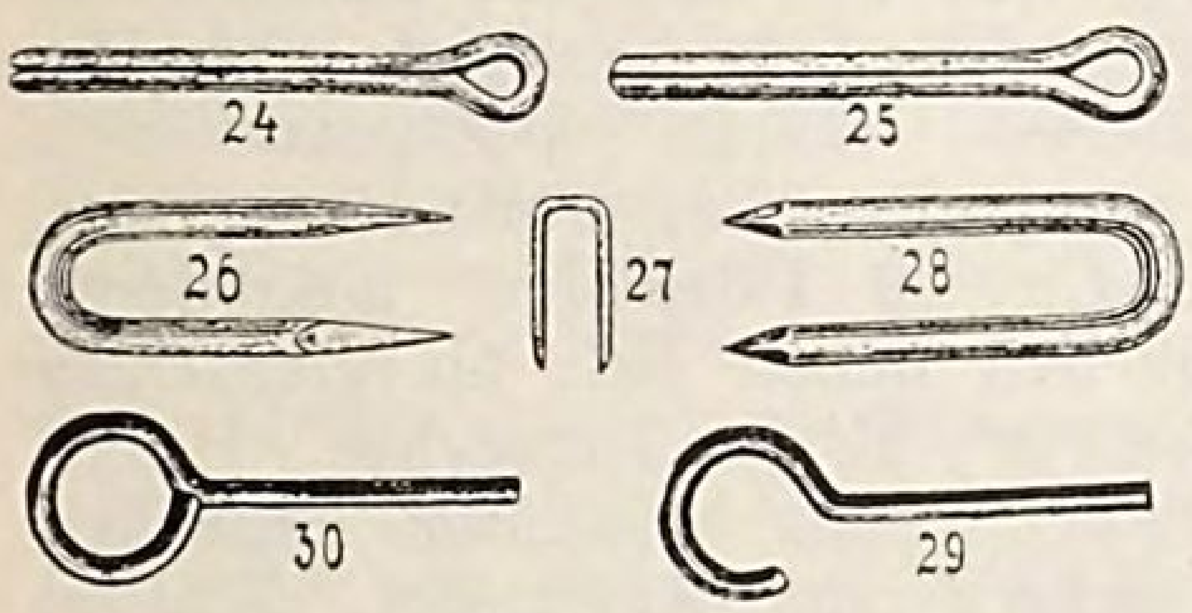


Fig. 24—.30

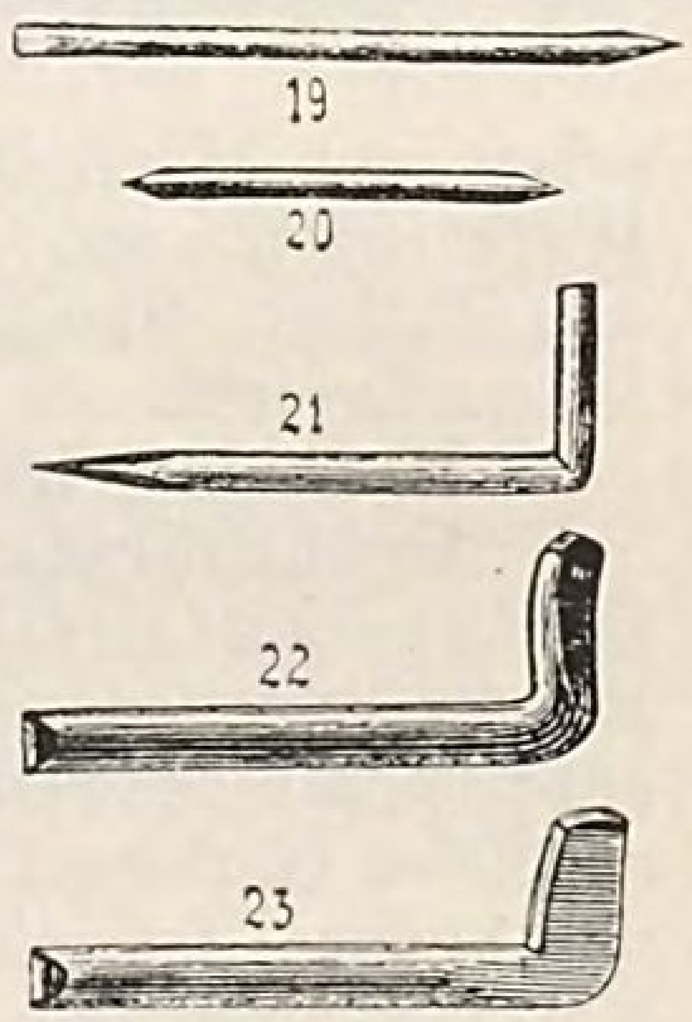
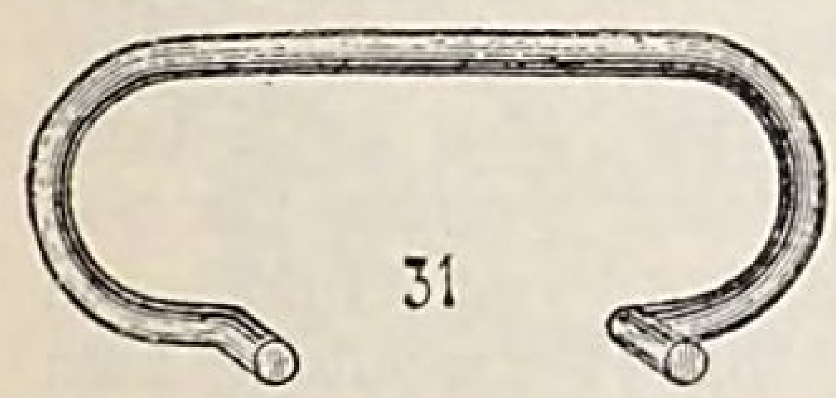


Fig. 19—23.



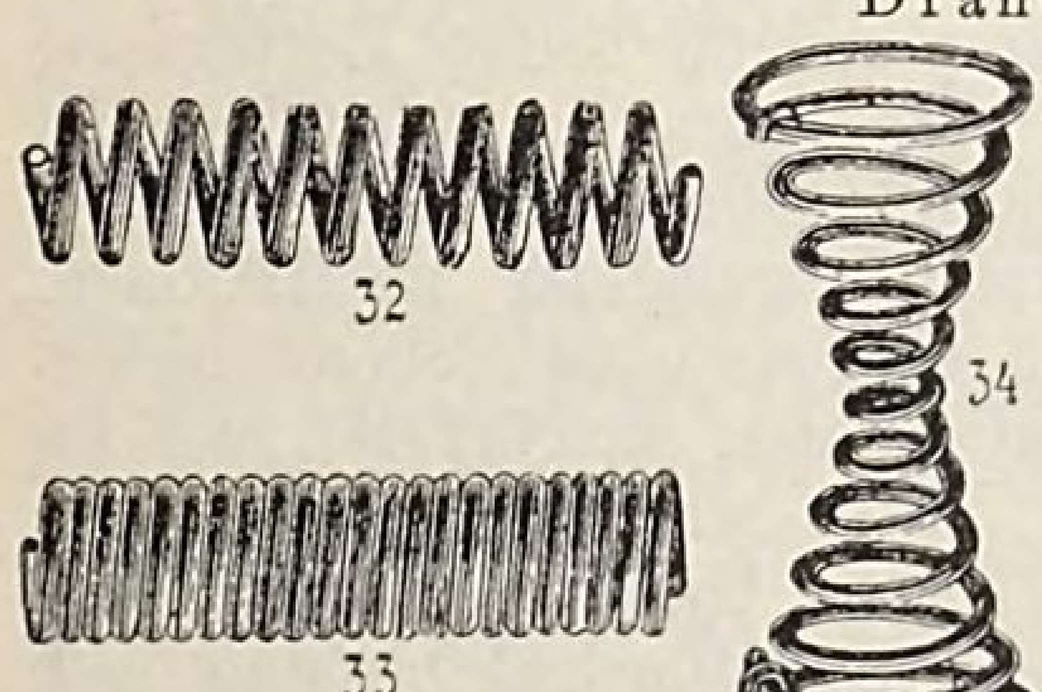


Fig. 31—34.

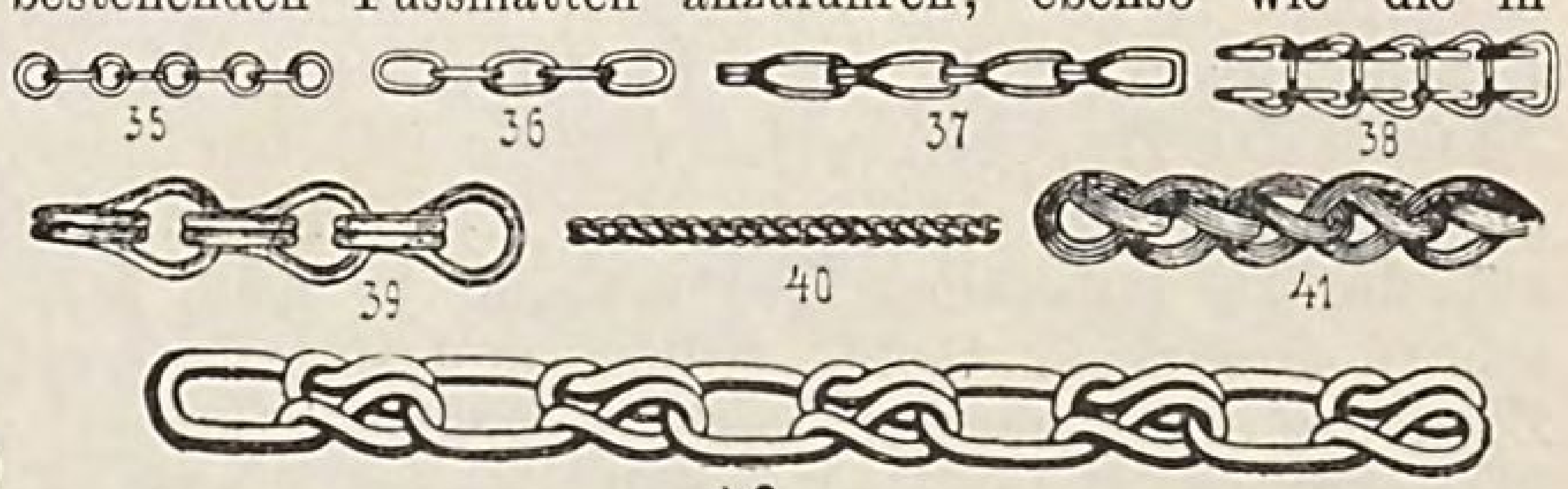


Fig. 35—42.

ähnlicher Art gefertigten Riemen und Gurten, wie sie in Fig. 46—47 in zwei Ausführungen von G. Pickhardt in Bonn dargestellt sind und sowohl zur Kraftübertragung anstatt der Lederriemen wie auch als Transportbänder und für verwandte Zwecke vorteilhafte Verwendung finden. Die vielseitige Anwendung des Stacheldrahtes (Fig. 48—50) ist bekannt.

Die meisten Gegenstände derart, wie z. B. die Haken und Oesen, Schnallen, Splinte, Haften, Federn und Ketten, werden durch besondere, dem jeweiligen

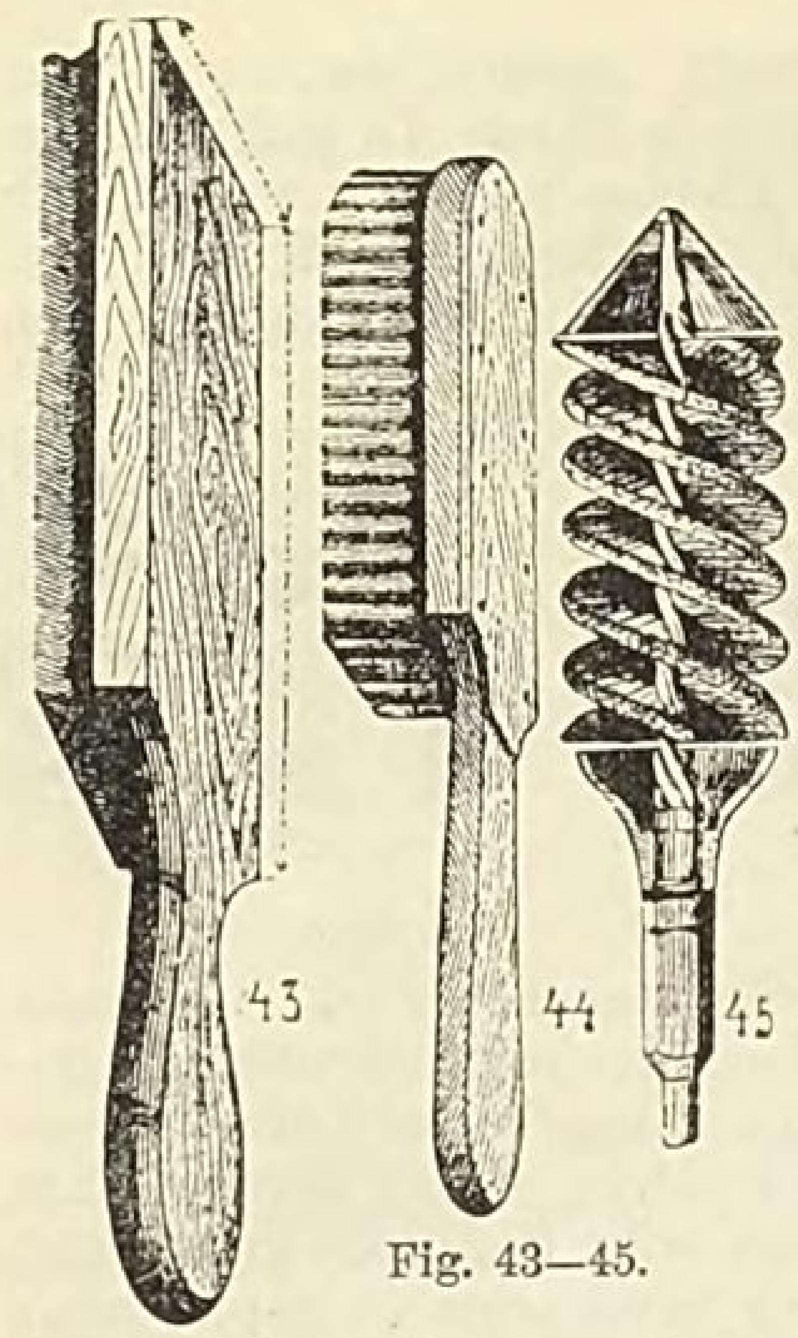


Fig. 43—45.

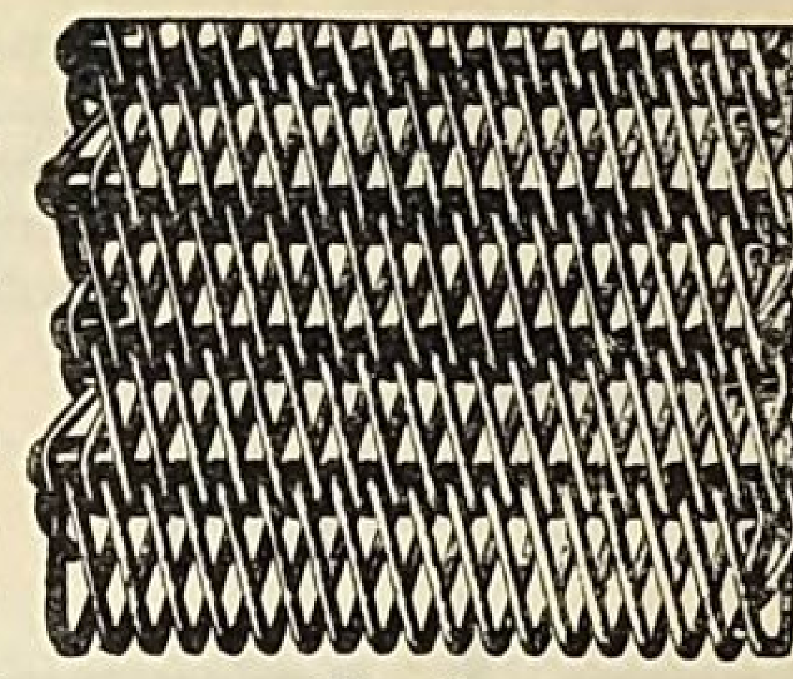


Fig. 46.

Zwecke angepasste Maschinen fertig hergestellt; diese schneiden von den ihnen vorgelegten Drahtringen automatisch die erforderlichen Stücke ab, spitzen sie an, biegen, drehen und verbinden sie, wenn nötig, mit einander. Auch zur selbständigen Anfertigung des Stacheldrahtes hat man Maschinen, welche die beiden Hauptdrähte durch Zwirnen mit einander vereinigen und gleichzeitig die Stacheln von einem dritten Drahte abschneiden und um den einen Hauptdraht herumwickeln. Die Herstellung von Gespinnsten geschieht einfach durch Umspinnen eines Dorns, von welchem die gebildeten Windungen sich stets ununterbrochen in demselben Masse abschieben, wie sie entstehen. Ebenso werden zur Herstellung schraubenförmig gewundener Federn einfache Windevorrichtungen gebraucht, während man zur Anfertigung von Flechtwerk verschiedene sinnreich erdachte Maschinen verwendet. Solche Spezialmaschinen werden ausser von anderen in besonderer Güte von Malmedie & Cie. in Düsseldorf ausgeführt. Andere Bezugsquellen finden sich im „Anzeiger für die Drahtindustrie", Berlin, angegeben. Handarbeit zur Herstellung von Drahtwaren erfolgt mit den bekannten einfachen Werkzeugen, wie Meissel, Kneipzange und Schere zum Abtrennen, Walzen zum Plätten, Stanzen zu Prägzwecken; die Verbindung wird meistens durch Löten bewirkt. *Herrmann.*

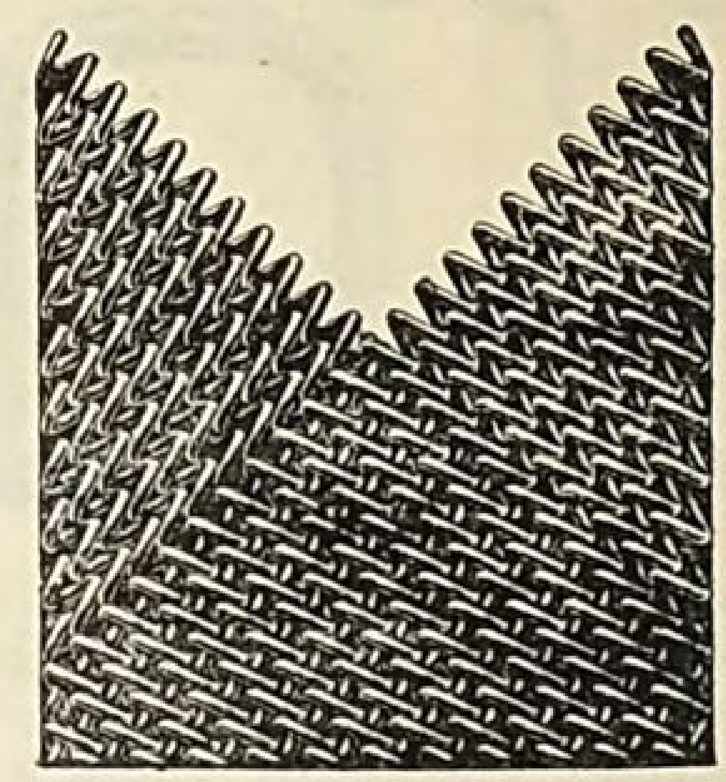


Fig. 47.



Fig. 48.



Fig. 49.

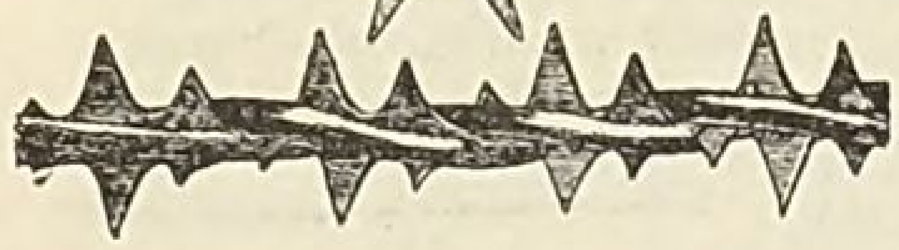


Fig. 50.

Drahtbrücke, s. v. w. Kabelbrücke (s. d.).

Drahtbürsten, Bürsten, bei welchen die sonst üblichen Borsten etc. (s. Bürstenfabrikation) durch mehr oder weniger starke, aus Eisen, Messing, Kupfer bestehende Drähte ersetzt sind, finden in der gesamten Metallindustrie ausgedehnte Anwendung wie zum Putzen von Gussstücken, um den an diesen sitzenden Glühspan oder Zunder leicht und sicher zu entfernen, aber auch dazu, um kleine Unebenheiten, Rauheiten glatt zu machen; ferner werden sie von Galvaniseuren zum Abbürsten der erhaltenen Niederschläge, von Gold- und Silberarbeitern zum Mattiren u. s. w. gebraucht. Auch ihre Verwendung zum Reinigen von Rohrleitungen, der Siederohre in Dampfkesseln behufs Entfernung von Kesselstein, eiserner Gegenstände von Rost, um dem darauf folgenden Anstriche mehr Halt zu geben, ist nicht unbedeutend; ebenso zum Ausputzen verschmierter Feilen, zum Entfernen von Moos und Ungeziefer an Bäumen. Je nach den Zwecken, welchen diese Bürsten dienen, sind sie entsprechend anders geformt und mit stärkeren oder schwächeren Metalldrähten ausgerüstet, welche auf die zu putzenden Gegenstände je nach ihrer Natur schärfer oder weniger scharf einwirken. Gold-, Silber- und Metallwarenfabriken, Galvaniseure, Gürtler, Ziseleure etc. wenden noch besondere Sorten von Zirkulardrahtbürsten mit Messing-, Stahl- und selbst Silberdraht an. Diese sind mit Drähten von 0,04 mm Stärke bis 0,25 mm ausgerüstet, werden auf die Drehbank gespannt und der zu bürstende Gegenstand an die rotirende Bürste angehalten; die schnelle Bewegung und die Schärfe der Drähte schleifen in ausserordentlich kurzer Zeit die Metalle ab, und man erhält eine glatte, jedoch matte Fläche. Die Befestigung der Drahtborsten im Körper der Bürste erfolgt meist in derselben Weise, wie dies bei vegetabilischen oder animalischen Borsten üblich ist, und zwar, wenn

der Körper aus Holz besteht, meist auf dreierlei Weise, welche man als Rauharbeit, eingezogene Arbeit und gedeckte Arbeit bezeichnet. Zum Abschneiden der Drähte bedient man sich der Schere, deren Schneiden schlank (unter einem Winkel von 40—45°) zugeschärft sind und sehr wenig über einander hinaustreten, um dem Verdrücken der Drähte vorzubeugen. Bei der Rauharbeit gehen die Löcher nicht durch das Holz oder den Körper der Bürste hindurch, sondern es werden die durch Aufstossen auf den Tisch gleich gerichteten Enden der Drahtbürstenbündel mit ungebleichtem Garn oder besser mit dünnerem Bindedraht festgebunden, in geschmolzenes, recht zähes, schwarzes Pech eingetaucht und in die Löcher des Bürstenkörpers eingedreht. Bei der eingezogenen Arbeit werden die Drähte in der Mitte zusammengebogen und daselbst durch Draht festgehalten; die Löcher im Bürstenkörper sind ganz durchgebohrt und unten etwas enger als oben. Man steckt den Bindedraht durch ein Loch, legt das Bündel in die Mitte auf denselben, führt ihn durch das Loch und zieht stark an, in gleicher Weise fortfahrend, bis die ganze Reihe fertig ist, und dann wird der Bindedraht befestigt. Diese Methode wird auch bei eisernen Bürstenkörpern, wie solche zum Putzen grosser Gussstücke in Verwendung sind, vielfach angewendet. Bei der gedeckten Arbeit schneidet man die Drahtborsten an beiden Enden in gleiche Längen, steckt sie in einen in der Mitte zusammengelegten Bindedraht und dreht eine Kurbel, so dass sich mit dem Draht auch die zwischen ihm befindlichen Drahtborsten winden. Auch diese Methode wird bei eisernen Bürstenkörpern angewendet und schliesslich eine Eisenplatte zur Verdeckung der Arbeit aufgeschraubt.

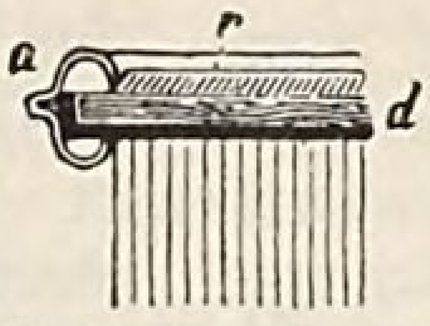


Fig. 1. Drahtbürste von Henning.

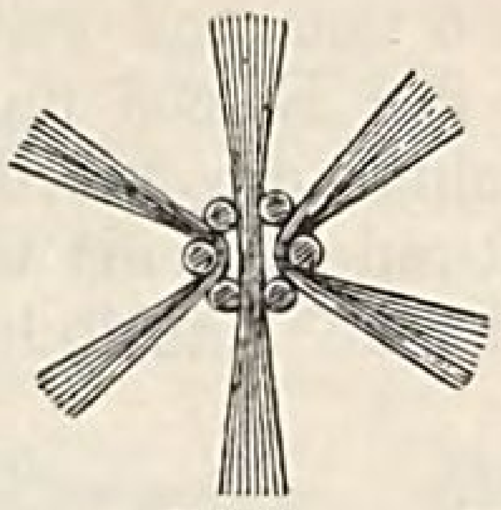


Fig. 3.

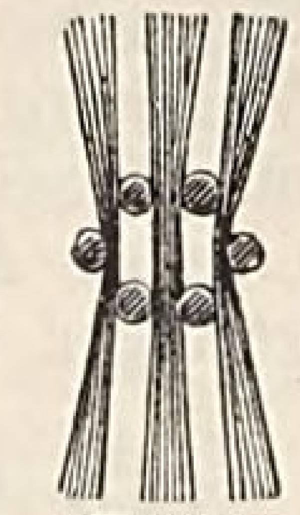


Fig. 2.

Siederohrbürsten von Hessel & Müller.

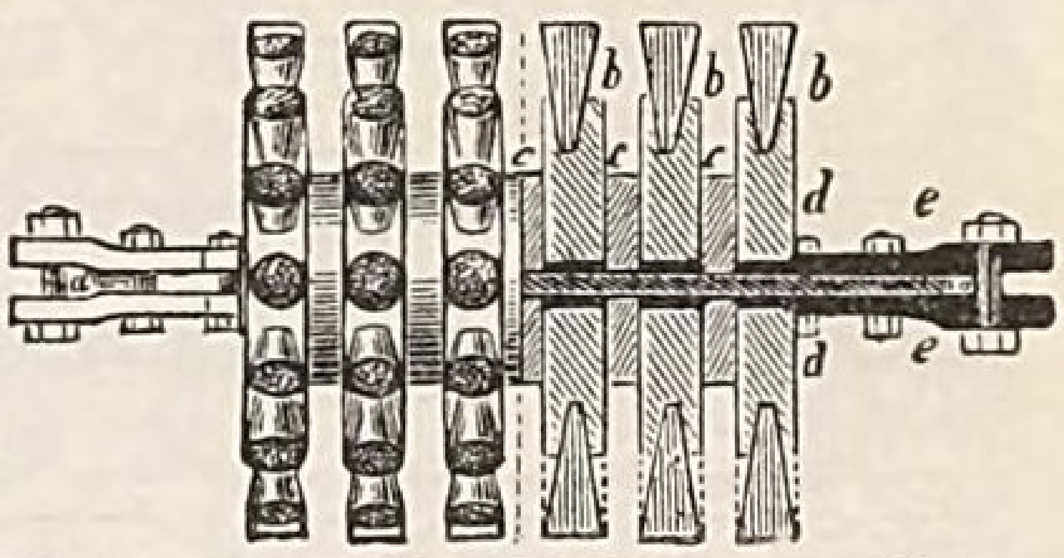


Fig. 4. Bewegliche Rohrbürste von Merz.

Eine neue Methode in der Erzeugung von Drahtbürsten zeigt Fig. 1. Bei der durch dieselbe dargestellten Methode von Henning & Cie. in Schönhaida in Sachsen werden Drahteinlagen *c* und die Gummiplatte *d* gleichzeitig durch zwei im Rande über einander greifende Rahmen *a* und *a* festgehalten. Hessel & Müller legen zur Herstellung von Siederohrbürsten die Drähte ein, wie Fig. 2 zeigt; dann wird die Bürste gewunden, wobei sich die eingelegten Drähte, da sie anders keinen Raum finden, vertikal stellen (s. Fig. 3) und bei Anwendung von sechs Drähten ausserdem noch Büschel bilden. Die bewegliche Rohrbürste von Merz (Fig. 4) zur Reinigung von Wasserleitungsröhren ist hergestellt durch die Zusammenstellung von etwa sechs Bürstenschiebern *b* und fünf Gummischeiben *c* auf einem Drahtseile *aa*, welche Teile durch die Bürstenhalter *d* zu einem Ganzen vereinigt und mittelst der Kettenhalter *e* mit Ketten oder Seilen in Verbindung gebracht sind. *Andés.*

Drahtbundvorrichtung, s. Telegraph.

Drahtdarre, s. Malz.

Drahteinlegemaschine, s. Blechbearbeitung.

Drahtfabrikation. Draht wird erzeugt, indem man ein prismatisches Metallstäbchen im kalten Zustande durch eine Oeffnung hindurchzieht, deren Querschnitt etwas kleiner ist als der des Metallstabes, wodurch eine Verdünnung des letzteren unter entsprechender Verlängerung herbeigeführt wird. Dieses Ziehen (Drahtziehen) wendet man bei allen Metallen in übereinstimmender Weise an; die Unterschiede bei der Verarbeitung verschiedener Materialien liegen vornehmlich in Herstellung der dem Ziehen zu unterwerfenden Stäbe. In früherer Zeit wurden die zu Eisen- und Stahldraht dienenden Stäbe durch Schmieden hergestellt, welche man darauf von den dicksten Nummern (etwa 12 mm) bis zu den feinsten durch oft wiederholtes Ziehen verdünnte. Dieses Verfahren war deshalb ein beschwerliches, weil man die dickeren Stäbe in geraden Stücken verarbeiten musste, deren Länge daher nur eine beschränkte sein konnte, während man dünneren Draht von etwa 5 mm abwärts bequem biegen und auf Trommeln aufwinden, also in beliebig langen Adern herstellen kann. Auch waren die Stäbe durch das Ausschmieden nicht in der wünschenswerten Gleichförmigkeit des Querschnittes zu erzeugen, wie sie durch den Prozess des Auswalzens

erreichbar ist. Es war daher ein bedeutender Fortschritt in der Drahtfabrikation mit der Anwendung des Walzverfahrens zur Herstellung der dem Ziehen zu unterwerfenden dünnen Rundeisenstäbe verbunden, insbesondere nachdem es gelang, dieses Rundeisen in geeigneten Walzwerken bis zu der geringen Dicke von 4 bis 5 mm und selbst 3 mm auszuwalzen. Jetzt ist dieses Verfahren der Vorarbeit des Eisens und Stahls durch Walzen allgemein in Anwendung, und man bezeichnet das hierdurch erhaltene dünne, in grosser Länge (bis gegen 100 m) erzeugte Rundeisen als Walzdraht. Diesen Walzdraht kann man wegen seiner geringen Dicke unmittelbar nach seinem Austritt aus dem Walzwerk wie einen

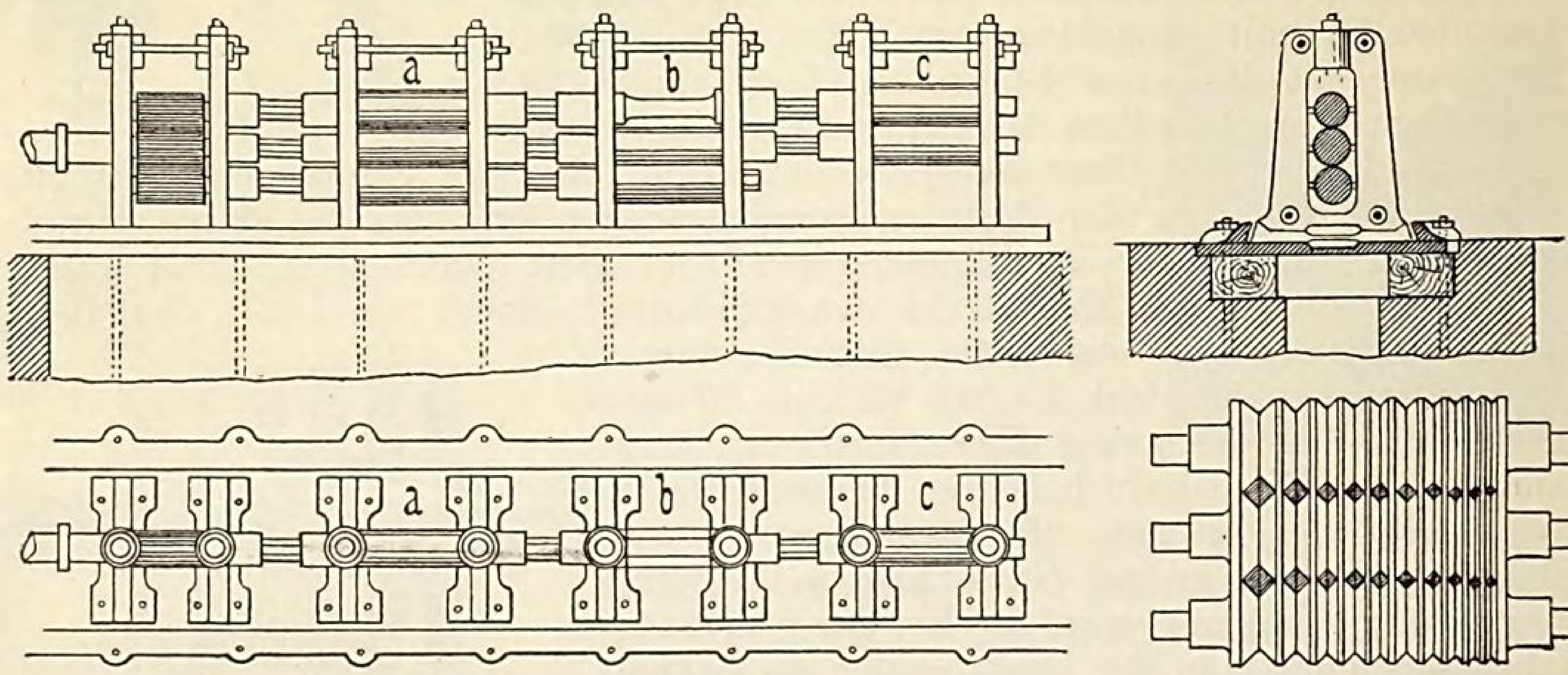


Fig. 1

Garnfaden auf einen Haspel winden, so dass derselbe in Form von Ringen, die aus vielen Windungen bestehen, in den Handel gebracht wird. Das weitere Verarbeiten beschränkt sich daher auf die Verdünnung des geringen Durchmessers bis zu den gewünschten Feinheitsgraden durch wiederholtes Ziehen; bei allen folgenden Zügen wird das Material ebenfalls in der angeführten Weise auf Trommeln gewunden. Damit erreicht man eine wünschenswerte Vereinfachung der zur Anwendung kommenden Maschinen, sowie auch des ganzen Betriebes.

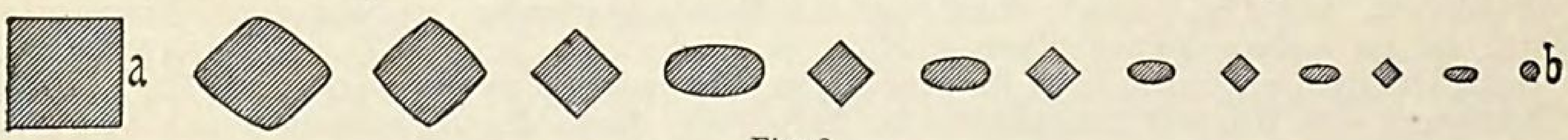


Fig. 2.

Die Drahtwalzwerke, welche im allgemeinen in derselben Art eingerichtet sind, wie die Stabeisenwalzwerke, zeichnen sich insbesondere durch den schnellen Gang der nur etwa 0,2 bis 0,25 m im Durchmesser haltenden Walzen aus (in der Minute 300 und mehr Umdrehungen, Schnellwalzwerke). Hierbei wird der durch eine grössere Anzahl von Kalibern geführte Stab behufs der Arbeitsbeschleunigung und Vermeidung der Abkühlung schon durch ein folgendes Kaliber geführt, ehe er das vorhergehende vollständig durchlaufen hat, so dass der Stab zu gleicher Zeit an drei oder vier Stellen zwischen den Walzen befindlich ist. Infolge dessen dauert das Auswalzen eines Knüppels von etwa 0,04 bis 0,045 m Dicke und 0,6 bis 0,7 m Länge zu einem Drahte von 4 bis 5 mm Dicke und 50 bis 60 m Länge in der Regel noch nicht eine Minute. Um dieses ununterbrochene Walzen zu ermöglichen, wendet man mehrere Walzengerüste an, von denen das erste zum Vorwalzen dienende, (*a*, Fig. 1) drei Walzen über einander enthält (Triowalzen), während die folgenden *b* und *c* mit je zwei Walzen ausgerüstet sind. In dem ersten Gerüst werden die noch dicken Knüppel durch Hin- und Herwalzen so weit gestreckt, dass sie in den folgenden Gerüsten das zu dem angeführten gleichzeitigen Walzen zwischen mehreren Kalibern erforderliche Umbiegen gestatten. Dabei führt man immer das aus einem Kaliber heraustretende Ende sogleich in das Kaliber des folgenden oder vorhergehenden Gerüstes ein, indem der genügend biegsame Draht zu einer Schleife umgebogen wird. Aus Fig. 2, in welcher die auf einander folgenden Kaliber (von *a* bis *b*) gezeichnet sind, ist zu erkennen, dass man mit quadratischen und ovalen Kalibern abwechselt und zuletzt auf ein ovales Kaliber das runde Fertigkaliber *b* folgen lässt. Indem man hierbei die Vorsicht gebraucht, das Eisen bei jedem neuen Durchgange um 90° in seiner Axe zu drehen, erzielt man ein für die Güte des Erzeugnisses sehr vorteilhaftes Kneten des Materiales, und es wird gleichzeitig durch die hierbei erzeugte Wärme dem vorzeitigen Erkalten des Eisens entgegenwirkt. Der aus dem letzten Kaliber mit grosser Geschwindigkeit heraustretende Draht wird sogleich auf einen durch die Maschine umgedrehten Haspel gewunden, von welchem er in der Form eines Ringes abgestreift wird. Die Ringe lässt man wohl zur

möglichsten Verhinderung der Glühspanbildung in cylindrischen Muffeln von Chamotte oder Eisen zwischen schlechten Wärmeleitern langsam erkalten; trotzdem ist die Bildung von Glühspan, mit welchem der Walzdraht sich überzieht, nicht zu vermeiden; die Folge ist ein Abbrand von etwa 10 %.

Mancherlei Verbesserungen sind in der neueren Zeit an den Drahtwalzwerken angebracht worden. So hat man namentlich das für den Arbeiter bei dem schnellen Gange der Walzen gefährliche Ueberführen des Drahtes von einem Kaliber in das folgende selbstthätig vorgenommen, indem der Draht nach dem Austritt aus einem Kaliber in eine auf der Hüttensohle angebrachte Führungsrinne eintritt, welche ihn vermöge ihrer Form zu einer Schleife umbiegt und nach dem nächstfolgenden Kaliber zurückleitet. Auch hat man, um die Verdrehung um einen rechten Winkel zwischen je zwei auf einander folgenden Durchgängen zu erzielen, die Walzen abwechselnd stehend und liegend angeordnet und die Geschwindigkeit derselben allmälich in dem Masse zunehmen lassen, wie die Länge des Stabes infolge der Querschnittsverringerung wächst, so dass durch jedes Kaliber immer die ihm zugehende Masse aufgearbeitet wird, ohne dass Gelegenheit zur Bildung längerer Schleifen gegeben wäre. Ein derartiges amerikanisches Walzwerk, wie es von Tunner beschrieben wird, enthält im ganzen 16 abwechselnd stehende und liegende Walzenpaare von 0,200 mm Durchmesser, deren erstes in der Minute 16 und deren letztes 450 Umdrehungen macht; in 9 Stunden werden 15300 kg Stäbe von 30 mm Durchmesser in Draht von 4 mm Dicke verwandelt.

Die so gefertigten Ringe Walzdraht müssen, bevor sie einer weiteren Verdünnung durch das Ziehen unterworfen werden, von dem daran haftenden Glühspan befreit werden, weil der letztere vermöge seiner Härte die Ziehlöcher (s. w. u.) sehr schnell ausschleifen würde. Zu dem Ende wird der Walzdraht einem Beizen in verdünnter Säure (1 Teil Schwefelsäure auf 80 bis 100 Teile Wasser) unterworfen, worauf der hierdurch gelockerte Glühspan durch die Erschütterungen abgesprengt wird, welchen die Drahtringe auf der sogen. Polterbank ausgesetzt werden. Die Polterbank besteht aus mehreren doppelarmigen Hebeln, auf deren kürzere Arme die Daumen einer Welle in ähnlicher Art wie bei Schwanzhämmern (s. d.) schlagen, so dass die Enden der längeren Arme dadurch um etwa 1 m emporgeschnellt werden, um von dieser Höhe frei herabzufallen. Dabei schlagen sie ziemlich hart auf einen darunter angebrachten festen Stein auf. Da die zu reinigenden Drahtringe auf diese längeren Hebelarme gehängt sind, so wird durch die gedachten Erschütterungen der Glühspan abgesprengt und durch auffliessendes Wasser fortgespült. Statt der Polterbank wendet man auch rotirende Scheuertrommeln an, in welche die gebeizten Drahtringe zusammen mit Sandsteinbrocken und Wasser gebracht werden, so dass die Umdrehung der Trommeln die Beseitigung des Glühspans durch Abscheuern bewirkt. Die so behandelten Drahtringe kommen dann wohl in eine verdünnte Lösung von Kupfervitriol, worin sie sich sehr dünn mit metallischem Kupfer überziehen und darauf noch in Kalkwasser, um die überschüssige Säure zu binden. Die Bildung eines dünnen Ueberzugs von Kupfer geschieht zu dem Zwecke, um die Reibung des Drahtes bei dem Durchgange durch die Ziehlöcher und damit den Kraftaufwand des Ziehens zu vermindern und die Ziehlöcher weniger schnell abzunützen. Wegen der grossen Uebelstände, welche die Reinigung durch Beizen mit Säure mit sich führt und insbesondere wegen der durch die sauren Abwässer verursachten Verunreinigung der Umgebung, hat man neuerdings vielfach versucht, die Befreiung vom Glühspan ohne Verwendung von Säure auf rein mechanischem Wege zu erzielen. Man hat zu dem Zwecke den Walzdraht durch eine Anzahl hinter einander liegender kleiner Walzen geführt, so dass er bei dem Durchgange zwischen denselben wiederholt einem Hin- und Herbiegen ausgesetzt ist, wodurch der spröde Glühspan abgesprengt wird, ohne indessen dadurch den Zweck vollständig zu erreichen, so dass die Verwendung des Beizens nicht gänzlich zu umgehen ist. Der Vorschlag, den man ebenfalls gemacht hat, die Reinigung durch Schmirgeln vorzunehmen, hat sich wegen der Kostspieligkeit des Verfahrens als nicht ausführbar gezeigt.

Den eigentlichen Vorgang bei dem Drahtziehen erklärt man sich am einfachsten aus der Betrachtung des dabei angewendeten Werkzeuges, des sogen. Zieheisens, welches in Fig. 3 dargestellt ist. In einer Stahlplatte *a* ist eine innerlich möglichst glatt polirte Oeffnung *b* von kreisförmigem Querschnitte, in welche der zu ziehende, etwas dickere Draht eingeführt wird, nachdem man ihn an dem Ende zuvor in erforderlicher Weise zugespitzt hat. Wenn dann dieses Ende *c* von einer Zange erfasst und mit genügender Kraft angezogen wird, so üben die Wandungen der Oeffnung, des sogen. Ziehloches, auf die Oberfläche des Stabes *e* einen derartigen Druck aus, dass eine Verdrängung oder Verschiebung der Materialteilchen daraus sich ergibt, infolge deren der Stab unter Verminderung seiner Dicke und Vergrösserung seiner Länge sich durch das Ziehloch hindurch bewegt. Da hierbei die beabsichtigte Verdünnung in keiner Weise durch Ablösen von Materialteilchen geschehen soll, so müssen an dem Zieheisen alle scharfen Kanten sorgfältig vermieden werden, welche eine schabende Wirkung äussern würden.

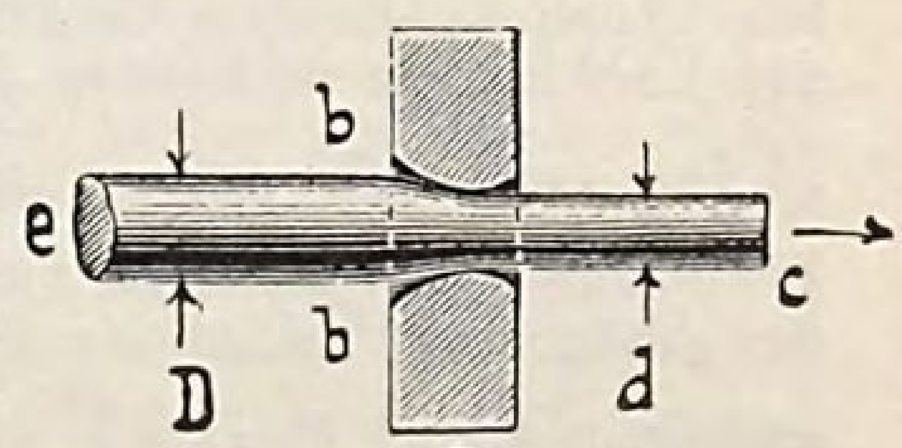


Fig. 3.

Nur bei der Herstellung gewisser Fassondrähte, z. B. des Triebstahldrahtes, welcher Einkerbungen im Durchschnitt zeigt (s. Draht), kann man die schabende Wirkung der Zieh-

eisen nicht umgehen und hat den Ziehlöchern, denen die letzte Bearbeitung des so geformten Drahtes obliegt, dementsprechende, schabend wirkende Kanten zu geben; auch wendet man scharfrandige und daher schabend wirkende Ziehlöcher wohl an, wenn es sich darum handelt, dem Draht eine blanke Oberfläche zu geben. Im allgemeinen aber sind die Ziehlöcher mit abgerundeten Kanten versehen; in der Regel pflegt man sie an der Eintrittsseite bei *b* konisch zu erweitern und im Innern nur auf eine geringe Breite cylindrisch zu gestalten, das letztere aus dem Grunde, um eine längere Dauer des Ziehloches zu erreichen. Würde dasselbe nämlich nur in einem Punkte den geringsten, dem Drahte zu erteilenden Querschnitt haben, so würde es in der kürzesten Zeit wesentlich ausgerieben sein; doch darf die cylindrische Oberfläche auch nicht zu lang sein, weil sonst die Reibung zu gross werden würde. Für sehr feine Drähte, besonders aus Gold und Silber, verwendet man auch Ziehlöcher in harten Edelsteinen (Rubinen und Smaragden); doch steht einer allgemeineren Anwendung derselben ihr hoher Preis entgegen.

Im Innern des Ziehloches ist das hindurchtretende Metall einer starken Zusammenpressung ausgesetzt, welche nach dem Heraustreten aus dem Ziehloche plötzlich aufhört; infolge der Elastizität des Materials findet dabei wieder eine Ausdehnung statt, so dass der Durchmesser des Drahtes ein wenig grösser ausfällt als derjenige des Ziehloches, durch das er hindurchgezogen wurde. Andererseits ist das aus dem Ziehloche hervorgegangene Drahtstück durch den auf dasselbe ausgeübten Zug noch einer nachträglichen Streckung unterworfen, durch die wieder eine Verringerung des Durchmessers hervorgebracht wird, die um so grösser ausfällt, je weicher das Metall und je grösser der Widerstand des Ziehens ist. Auch hat die Länge des dem Zuge ausgesetzten Drahtstückes, sowie die etwa vorhandene ungleichförmige Beschaffenheit des Materials auf die Grösse dieser Nachstreckung Einfluss und man erkennt hieraus die Schwierigkeit, welche die Herstellung längerer Drähte von überall genau gleicher Dicke im allgemeinen und besonders wegen der Vergrösserung der Ziehlöcher durch Abnützung darbietet. Die Grösse der Durchmesserverringerung oder Verjüngung, welche man dem Drahte bei einem einmaligen Durchziehen mitteilen kann, hängt nicht nur von dem bei dem Ziehen auftretenden Widerstande, sondern auch von der Zugfestigkeit des Materials ab, weil der Draht bei nicht genügender Festigkeit natürlich abreissen muss. Aus diesem Grunde sind die weichen, leicht dehnbaren Metalle, wie Blei, Zinn, Zink, viel schwerer zu ziehen als Eisen, Stahl und Messing, die wegen ihrer grösseren absoluten Festigkeit den auszuübenden Zug besser auszuhalten vermögen.

Bezeichnet man mit D den Durchmesser des Stabes vor und mit $d = nD$ denjenigen nach dem Ziehen, also mit $n = \frac{d}{D}$ das Verdünnungsverhältnis (Verdünnungsfaktor), und nimmt man den Widerstand, welchen das Material dem Ziehen entgegensetzt, als proportional mit der Verkleinerung des Querschnitts an, so hat man diesen Widerstand zu $w = k\pi \frac{D^2 - d^2}{4} = k\pi D^2 \frac{1-n^2}{4}$ zu setzen, worin k eine von der Härte des Materials abhängige Erfahrungszahl ist. Auch die in dem Ziehloche auftretende Reibung wird man als proportional mit dem auf die Verdünnung wirkenden Drucke, also mit der Querschnittsverringerung, annehmen dürfen, so dass man dafür setzen darf: $F = f\pi D^2 \frac{1-n^2}{4}$, unter f den von der Form und Glätte des Ziehloches abhängigen Reibungskoefficienten verstanden. Bezeichnet dann z die Zugfestigkeit des gezogenen Drahtes für die Querschnittseinheit, so hat man die Kraft, welche der Draht aushalten kann: $P = z\pi \frac{d^2}{4} = z\pi D^2 \frac{n^2}{4}$. — Man erhält dann aus der Gleichung $P = W + F$ einen Ausdruck für die höchstens zulässige Querschnittsverringerung, oder für den kleinsten Wert von n und zwar $n = \sqrt{\frac{k+f}{z+k+f}} = \sqrt{\frac{w}{z+w}}$, wenn man mit $w = k + f$ den ganzen aus der Materialverdrängung und der Reibung im Ziehloche sich zusammensetzenden Widerstandskoefficienten bezeichnet. Hiernach lässt sich ein Material durch Ziehen um so mehr verdünnen, je grösser seine Zugfestigkeit z und je kleiner sein Zugswiderstand w, d. h. je weicher und biegsamer es ist.

Man spricht in diesem Sinne von der Ziehbarkeit der verschiedenen Metalle und versteht darunter das Verhältnis ihrer Zugfestigkeit, dividirt durch den Ziehungswiderstand. Diese Ziehbarkeit ist am grössten bei ausgeglühtem Schmiedeeisen und Stahl; setzt man sie hierfür gleich Eins, so ist sie bei ausgeglühtem Messing und bei 14karätigem Gold etwa 3/4, bei Kupfer und hartgezogenem Eisen, Messing und Stahl etwa 5/8, bei Platin, Silber und Zink nur ungefähr 1/2. Bei Blei, Zinn und den Legirungen aus beiden ist trotz der Weichheit dieser Metalle die Ziehbarkeit so unbedeutend, dass man aus diesen Stoffen Draht in der Regel durch

Pressen herstellt. Dementsprechend wird denn auch das Verdünnungsverhältnis $n \frac{d}{D}$ für verschiedene Metalle in verschiedener Grösse gewählt; nach Ledebur [6] beträgt dasselbe durchschnittlich für Schmiedeeisen 0,90, für Stahl 0,95 und für Messing oder Kupfer 0,925. Karmarsch [5] empfiehlt, das Verdünnungsverhältnis grösser bei dicken Drähten (bis 0,92) und mit wachsender Feinheit stufenweise kleiner (bis 0,85) zu wählen.

Hieraus folgt, dass zu einer beträchtlichen Verdünnung des Drahtes ein wiederholtes Ziehen durch stufenweise enger werdende Löcher erforderlich ist. Die Anzahl z der auf einander folgenden Züge, durch welche ein Draht vom Durchmesser A auf denjenigen a verringert werden soll, erhält man aus der Gleichung $A n^z = a$, wenn mit n das durchschnittliche Verdünnungsverhältnis bezeichnet wird, woraus man die Anzahl $z = \frac{\log a - \log A}{\log n}$ findet. Es ergibt sich beispielsweise für $A = 4$ und $z = 1$ mm unter Zugrundelegung eines Verdünnungsverhältnisses $n = 0,9$ die Notwendigkeit von $z = 13$ Zügen.

Da mit dem wiederholten Ziehen des Metalls dessen Härte und Steifigkeit fortwährend zunimmt, so stellt sich in der Regel nach einer bestimmten Anzahl von Durchzügen ein so grosser Widerstand ein, dass ein weiteres Ziehen nicht ohne ein häufiges Abreissen des Drahtes möglich ist. Man muss daher dem Drahte in solchem Falle durch Ausglühen und langsames Erkalten die gehörige Weichheit wieder geben. Dieses Ausglühen ist am häufigsten bei Stahl, Eisen, Messing, Neusilber und legirtem Golde oder Silber nötig, während zähes Kupfer, sowie feines Gold oder Silber nur selten oder gar nicht ausgeglüht zu werden brauchen. Auch nimmt die Notwendigkeit des Ausglühens mit zunehmender Feinheit des Drahtes ab, weil hiermit die Zähigkeit des Metalles grösser wird und weil die bei dem Ziehen eintretende Erwärmung schon bis zu gewissem Grade einem Hartwerden des Drahtes entgegenwirkt. Bei sehr feinen Drähten bedarf es zur Erweichung auch keines eigentlichen Glühens, sondern nur einer starken Erwärmung. Das Ausglühen des Drahtes geschieht zur möglichsten Vermeidung der Glühspanbildung am besten in luftdicht abgeschlossenen eisernen Cylindern, die in einem geeigneten Glühofen erhitzt und dann langsamer Abkühlung überlassen werden. Da aber die Bildung von Glühspan niemals gänzlich zu vermeiden ist, so muss der Draht nach jedesmaligem Ausglühen durch Beizen gereinigt werden, wozu man sich entweder einer sehr verdünnten Schwefelsäure oder einer schwachen organischen Säure (saurer Bierhefe) bedient.

Die zum Drahtziehen dienende Maschine führt den Namen Ziehbank und besteht im wesentlichen aus dem Zieheisen und der zur Ausübung der erforderlichen Zugkraft dienenden Vorrichtung. Man unterscheidet zwei verschiedene Arten von Ziehbänken, nämlich die sogen. Schleppzangenziehbank und die Scheiben- oder Leierbank, auch schlechtweg Drahtleier genannt.

Eine in früherer Zeit vor Einführung der Schnellwalzwerke gebräuchliche Stosszangenziehbank findet jetzt keine Anwendung mehr. Bei derselben wurde das aus dem Zieheisen hervortretende Drahtstück durch eine Zange erfasst, deren Schluss durch einen Hebel bewirkt wurde, auf welchen der Daumen einer Wasserradwelle einen Stoss ausübte, wodurch gleichzeitig der Draht um ein kurzes Stück von etwa 0,5—1 m durch das Zieheisen hindurch gezogen wurde. Eine Feder veranlasste darauf die Oeffnung und Rückführung der Zange, welche dann infolge eines erneuten Stosses wiederum ein kurzes Drahtstück auszog. Diese Maschinen litten ausser an der stossweisen Wirkung auch besonders daran, dass der erzeugte Draht durch die vielen Zangenbisse erheblich beschädigt wurde.

Die Schleppzangenziehbank wird überall da in Anwendung gebracht, wo das gezogene Stück wegen seiner Dicke oder Gestalt nicht auf eine Trommel aufgewickelt werden kann, wie es bei der Herstellung aller dünnen Drähte allgemein üblich ist. So bedient man sich beispielsweise zum Ziehen von Röhren immer der Schleppzangenziehbank, wie man dieselbe auch immer verwendet, wenn es darauf ankommt, cylindrischen oder prismatischen Stäben in ihrer ganzen Länge genau übereinstimmenden Querschnitt zu erteilen, ein Verfahren, das man z. B. mit Vorteil bei der massenhaften Erzeugung feiner Schrauben anwendet, die aus solchen genau cylindrisch gezogenen Rundstäben gefertigt werden. Es ist selbstredend, dass auf diesen Maschinen wegen des geraden Zuges nur Stäbe von beschränkter Länge gezogen werden können, entsprechend der Länge der Ziehbank.

In Fig. 4 ist eine Schleppzangenziehbank von Malmedie & Cie. in Düsseldorf dargestellt, wonach man in a die beiden das Gestell der Bank bildenden hölzernen oder eisernen Wangen erkennt, die in b das feste Zieheisen tragen, während die den Draht erfassende Zange c

zu einem kleinen Wagen ausgebildet ist, dessen Räder auf den Wangen geführt werden. Zum Anzuge der Zange dient die endlose Gliederkette *d*, welche durch die stetige Umdrehung des Kettenrades *e* durch Hand- oder Maschinenkraft ununterbrochen in Bewegung erhalten wird. Zu dem Zwecke genügt es, den mit der Zange verbundenen Zughaken *f* über das gerade

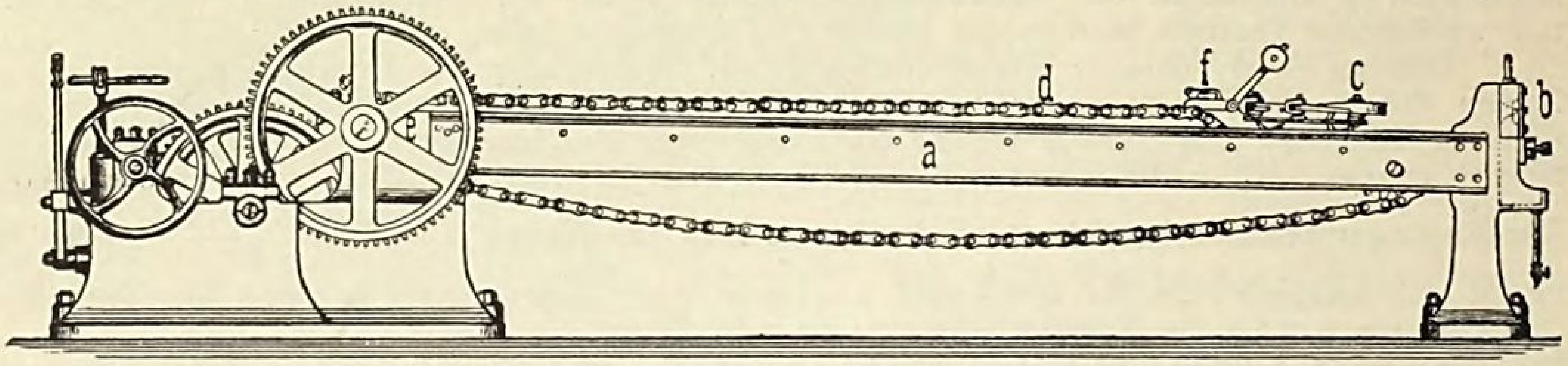
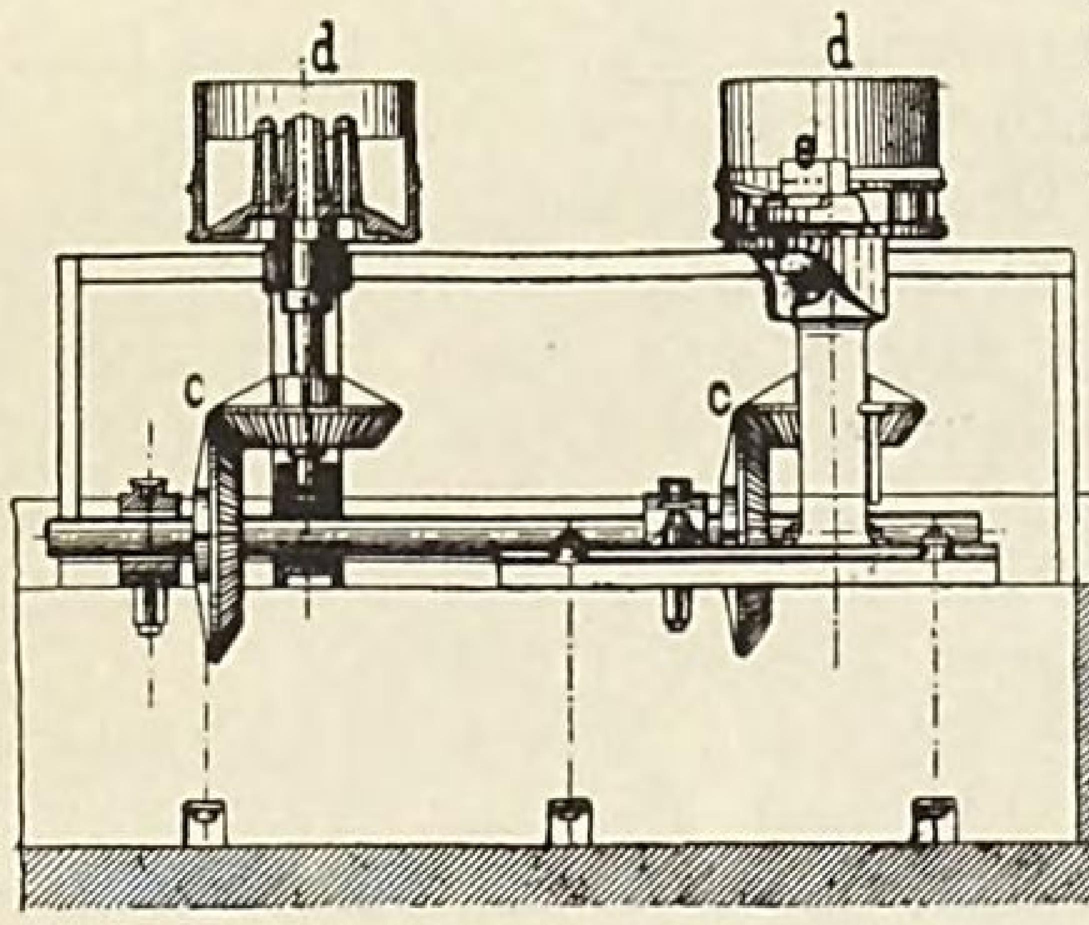


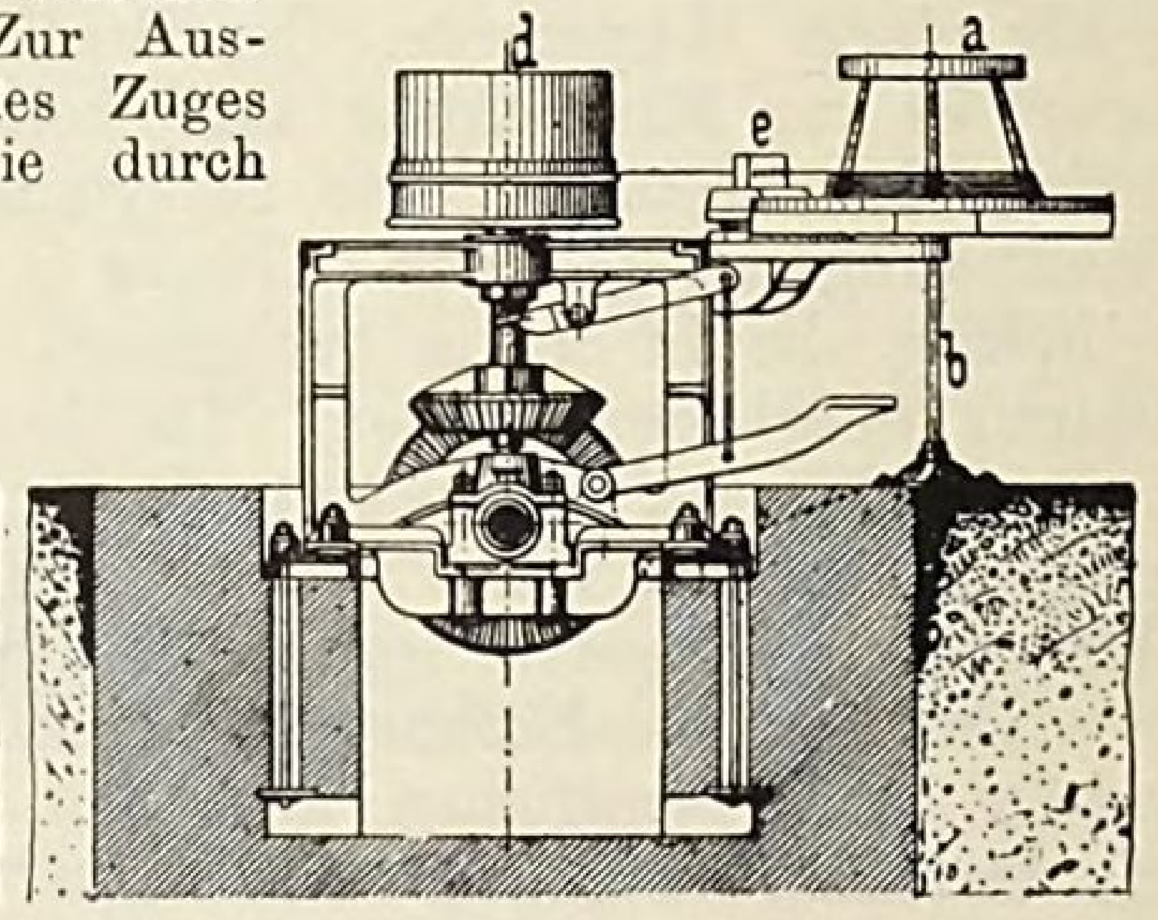
Fig. 4.

darunter befindliche Kettenglied einzuschlagen, worauf der auf die Zange ausgeübte Zug zunächst ein festes Schliessen und darauffolgendes Mitnehmen der Zange bewirkt. Der Zughaken *f* löst sich bei der Ankunft am andern Ende der Bank unter Wirkung eines Gegengewichtes von selbst aus der Kette, sobald dieselbe sich auf das Kettenrad *e* legt, und man kann den Zangenwagen zum erneuten Angriffe durch die Hand nach *b* zurückführen.

Einfacher in ihrer Einrichtung ist die sogen. Scheiben- oder Leierbank, wie sie allgemein zum Ausziehen des Walzdrahtes dient und von welcher Fig. 5 eine Ausführung von Dubigk & Offergeld in Aachen darstellt.

Der zu ziehende Drahtring wird hierbei auf einen aus Stäben zusammengesetzten Hut oder Haspel *a* gehängt, mit welchem er sich bei dem Abziehen frei um die auf dem Gestelle feste Axe *b* drehen kann. Zur Ausübung des Zuges dient die durch Winkelräder *c* umgedrehte Trommel oder Leier *d*, an welcher das Drahtende mittelst einer geeigneten kleinen Zange befestigt wird, nachdem es zuvor etwas zugespitzt und durch das Loch des Zieheisens *e* hindurchgeführt wurde. Das mit mehreren Löchern versehene Zieheisen wird in einem Ständer gehalten, in welchem es verschiebbar ist. Der bei dem Umgange der Trommel *d* angezogene Draht windet sich auf dieser in vielen Lagen auf, so dass er nach dem Durchziehen von der Trommel abgehoben und auf den Haspel des folgenden Zuges zur weiteren Verfeinerung gehängt werden kann. Zur Verminderung der Reibung lässt man dabei den Draht vor dem Eintritte in das Zieheisen durch Oel oder einen mit Oel getränkten Lappen hindurchtreten. Solche aus Trommel, Hut und Zieheisen bestehende Anordnungen sind in der Regel in grösserer Zahl auf einem gemeinschaftlichen Gestelle angebracht, so dass die sämtlichen Trommeln durch dieselbe Betriebswelle umgedreht werden können. Bei den Trommeln ist in der Regel eine solche Einrichtung getroffen, dass die Bewegung selbstthätig ausgerückt wird, sobald der Draht abreisst, oder wenn der ganze auf dem Haspel befindliche Vorrat aufgearbeitet ist. Erreicht wird dies dadurch, dass man die lose auf ihre Axe gesteckte Trommel mit der ersteren durch einen Stift verkuppelt, der durch den bei dem Ziehen ausgeübten Zug mit genügender Reibung festgehalten wird, während diesen Stift eine Feder aus der Kupplung herausschnellt, sobald die Zugkraft nach dem Abreissen des Drahtes aufhört.





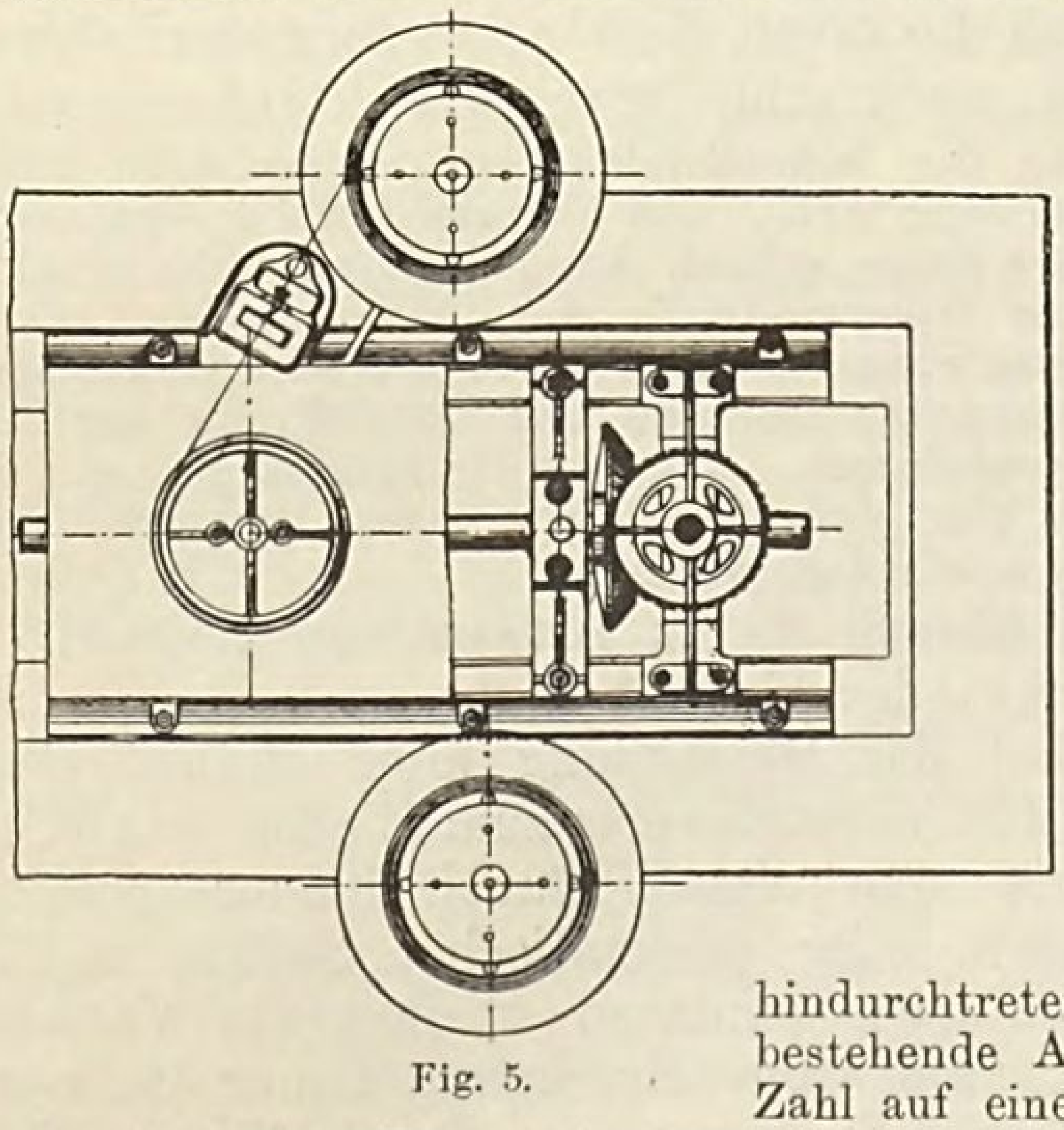


Fig. 5.

Die Trommeln müssen natürlich einen um so grösseren Durchmesser erhalten, je dicker der zu ziehende Draht ist, wogegen die Geschwindigkeit des Ziehens mit steigender Feinheit des Drahtes zunimmt. Die erforderliche Betriebskraft ist um so grösser, je dicker der Draht ist. Ueber diese Verhältnisse gibt die beifolgende Tabelle von Karmarsch [5] Auskunft.

Dicke des Drahtes mm	Geschwindigkeit des Zuges in der Sekunde m	Durchmesser der Scheibe m	Umdrehungen in der Minute	Betriebskraft für jede Scheibe
8	0,20	0,55	7	7 Pferdekräfte
6	0,29	0,50	11	5 „
5	0,35	0,45	15	4 „
4	0,40	0,37	21	$3^1/_4$ „
3	0,53	0,35	29	$2^2/_3$ „
2	0,80	0,27	56	2 „
1	1,53	0,23	128	$1^1/_6$ „

Es mag übrigens bemerkt werden, dass man bei dem Drahtziehen den Grobzug, Mittelzug und Feinzug zu unterscheiden pflegt. Der Grobzug wurde früher vor Einführung der Walzdrahterzeugung mit Hilfe der Stosszangenziehbänke vorgenommen; derselbe findet jetzt keine Anwendung mehr. Es wird vielmehr der vom Schnellwalzwerke kommende Walzdraht sogleich auf dem Mittelzuge bis zu einer Dicke von etwa 1,5 mm verfeinert, worauf die weitere Verdünnung auf dem Feinzuge vorgenommen wird.

Man ist in der neueren Zeit vielfach bemüht gewesen, das Drahtziehen in der Art abzuändern, dass man die Verfeinerung durch denselben Zug gleichzeitig in mehreren Ziehlöchern [1] hinter einander vornimmt, um hierdurch eine Steigerung der Produktion zu erzielen. Da es hierbei natürlich nicht angängig ist, die grosse zur Ueberwindung der Widerstände in sämtlichen Zieheisen erforderliche Zugkraft an dem feinen, aus dem letzten Ziehloche austretenden Drahtstücke auszuüben, so wird zwischen je zwei auf einander folgenden Zieheisen eine Zugkraft dadurch ausgeübt, dass man den Draht in mehreren Windungen um eine Scheibe herumwickelt, die von der Antriebswelle in Umdrehung gesetzt wird. Auch hat man bei den in Vorschlag gebrachten Anordnungen die Einrichtung so getroffen, dass die Anzugsgeschwindigkeit für die auf einander folgenden Zieheisen in dem Masse zunimmt, wie die infolge der Querschnittsverringerung sich ändernde Länge des gezogenen Drahtes wächst. Es muss jedoch angeführt werden, dass von allen den verschiedenen, zum Zwecke des Mehrfachziehens angegebenen Einrichtungen bisher noch keine sich eine grössere Anwendung verschaffen konnte. Dasselbe gilt auch von dem Ersatz der Zieheisen durch eine rotirende, kreisförmige Scheibe [2], die sich innerhalb eines kreisförmigen Ringes befindet, der mit gleicher Umfangsgeschwindigkeit wie die Scheibe sich nach entgegengesetzter Richtung umdreht; der Draht soll hierbei durch den Zwischenraum zwischen Ring und Scheibe ähnlich wie durch ein Ziehloch hindurchgezogen werden. Ueber die Einrichtung, welche man für die Töpfe zum Ausglühen, sowie für den Glühofen vorgeschlagen hat, ist unter [3] das Nähere angegeben; auch hat man das Glühen vermittelst des elektrischen Stromes [4] vornehmen wollen.

Die Herstellung von Draht aus anderen Metallen geschieht im allgemeinen in derselben Art und mit den nämlichen Hilfsmitteln, wie sie vorstehend für die Verarbeitung von Eisen und Stahl angeführt worden sind. Nur in der Anfertigung der dem Drahtzuge zu überweisenden Stäbe wird abweichend verfahren, da die Herstellung durch Walzen bei den nicht schweissbaren Metallen aus dem Grunde nicht thunlich ist, weil der bei dem Walzen in der Fuge sich bildende Grat sich bei dem folgenden Durchgang nicht mit dem übrigen Material zusammenschweisst und daher jedesmal durch Feilen oder Schaben entfernt werden müsste. Die kupfernen Stäbe werden daher entweder vierkantig gegossen und vor dem Ziehen rund geschmiedet oder gewöhnlich in Form von Streifen (Regalen) von geschmiedeten und gewalzten Platten abgetrennt. In gleicher Weise werden auch die Stäbe für Messingdraht meistens als Streifen von gewalzten Platten abgeschnitten, nur selten für die Herstellung der dicksten Drähte durch Giessen angefertigt. Für die Anfertigung von Zinkdraht verwendet man immer Streifen, die aus gewalzten Platten mittelst der Schere geschnitten werden. Hierbei kommt zweckmässig eine Kreisschere zur Verwendung, welche die zu zerschneidende Platte durch einen spiralförmigen Schnitt in einen sehr langen Streifen zerlegt. Zu dem Zwecke ist die in diesem Falle kreisrunde Platte um ihren Mittelpunkt drehbar gelagert, so dass sie bei jeder Umdrehung den Kreisscheren um die Dicke der Metallplatte genähert werden kann. Die durch Schneiden hergestellten

Streifen lässt man zuweilen vor dem Ziehen durch ein kleines Walzwerk mit passenden Kalibern gehen, um die Kanten abzurunden, da andernfalls der durch das Schneiden entstandene, unregelmässig verdrückte Querschnitt bei dem Ziehen leicht Veranlassung zur Bildung von Doppelungen und unganzen Stellen gibt.

Litteratur: [1] D. R. P. Nr. 8825, 23247, 35443, 42610, 77146, 84527. — [2] D.R.P. Nr. 67477. — [3] D. R. P. Nr. 1145, 37310. — [4] D. R. P. Nr. 50575. — [5] Karmarsch, Mech. Technol. von Hartig, Hannover 1875. — [6] Ledebur, Mech.-metallurg. Technologie, Braunschweig 1877. — — [7] Anzeiger f. d. Draht-Industrie, Berlin. — S. auch: H. Fehland, Die Fabrikation des Eisen- und Stahldrahtes, gewalzt und gezogen, sowie die der Drahtstifte, Weimar 1886, und Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ingen., Jahrg. 1886, S. 33, 244, 352. *Herrmann.*

Drahtfedern (Springfedern), s. Drahtarbeiten, Fig. 32—34.

Drahtgeflecht, sechseckig und viereckig, s. Drahtmaschengitter.

Drahtglas, in der Technik zu Dachdeckungen, Fussboden-Oberlichtern, Wasserstandszeigern, Laternencylindern, Abdampfschalen etc. verwendetes Glas, das ein weitmaschiges, in das noch flüssige Glas bei dessen Herstellung eingebrachtes Drahtgeflecht umschliesst.

Drahtgurte oder flache Drahtseile sind biegsamer und darum für kleinere Rollen brauchbar als runde Seile; sie können auf einer Trommel mit Wandscheiben beliebig oft auf einander gewickelt werden, lassen sich aber nur in einer Richtung biegen, also nur in einer Ebene führen und sind nicht so dauerhaft wie runde Seile. *Lindner.*

Drahtheftmaschine, s. Buchbindereimaschinen.

Drahthobelmaschine, s. Zündwaren.

Drahtkanone. Die Stahldrahtkanone, von Longridge 1855 vorgeschlagen, verfolgt das Prinzip, den transversalen Widerstand der Geschützrohre dadurch zu erhöhen, dass auf das stählerne Kernrohr Stahldraht oder Stahlbänder spiralförmig mit Spannung aufgewickelt werden. Die Stahldrahtkanonen litten anfangs an dem Mangel eines genügenden Längswiderstandes und sind daher früher nur vereinzelt, in England bei Armstrong und in Woolwich, in Frankreich nach dem System Schultz, zur Ausführung gekommen [1], [2]. Neuerdings (seit 1893) werden sowohl von Armstrong, als auch von dem Arsenal in Woolwich Schiffsgeschütze nach dem Drahtsystem zur Ausführung gebracht. Diese Drahtkanonen bestehen aus einem zweiteiligen A-Rohr, dessen inneres Rohr die Bohrung enthält und welches bei eingetretener Erosion entfernt und durch ein neues ersetzt werden kann. Das äussere A-Rohr wird stufenweise mit Draht umwickelt. Der Draht besitzt eine Zugfestigkeit von 170 kg/qmm und wird mit einer Spannung von 80—88 kg aufgewickelt. Die Drahtwicklung wird durch eine Stahlbereifung, bestehend aus Mantel und B-Rohr, geschützt. Beide Teile werden durch das Sattelband mit einander verbunden, während der Schlussring, innen mit dem Mantel verschraubt, alle Teile des Geschützrohres zusammenhält. — Vergl. Schiffsgeschütze.

Litteratur: [1] Mitteilungen aus dem Gebiete des Seewesens 1886, S. 202. — [2] Ledien et Cadiat, Le nouveau matériel naval, Paris 1889. — [3] Mitteilungen aus dem Gebiete des Seewesens, 1895, S. 960. — [4] Notes of the Years Naval Progress, Washington 1894. *Tj. Schwarz.*

Drahtklinke, s. v. w. Drahtlehre (s. d.).

Drahtlehren stimmen in Bezug auf ihre Einrichtung und ihren Gebrauch mit den Blechlehren (s. d.) überein. Häufig führt man sie auch so aus, dass sie anstatt der Einschnitte am Rande Löcher von genau dem der Nummer entsprechenden Durchmesser erhalten (Fig. 1). Zur genauen Bestimmung des Durchmessers von Drähten bedient man sich auch verschiedener Drahtmasse, so insbesondere der Mikrometerschraubenlehren (s. Messinstrumente) und des kleinen Werkzeuges (Fig. 2), welches in der Weise gebraucht wird, dass man den zu messenden Draht in den Einschnitt bis zur beiderseitigen Berührung mit den beiden Messkanten einführt, worauf man den Durchmesser an der Einteilung abliest. Wie die Einteilung zu machen, ist leicht ersichtlich. *Herrmann.*

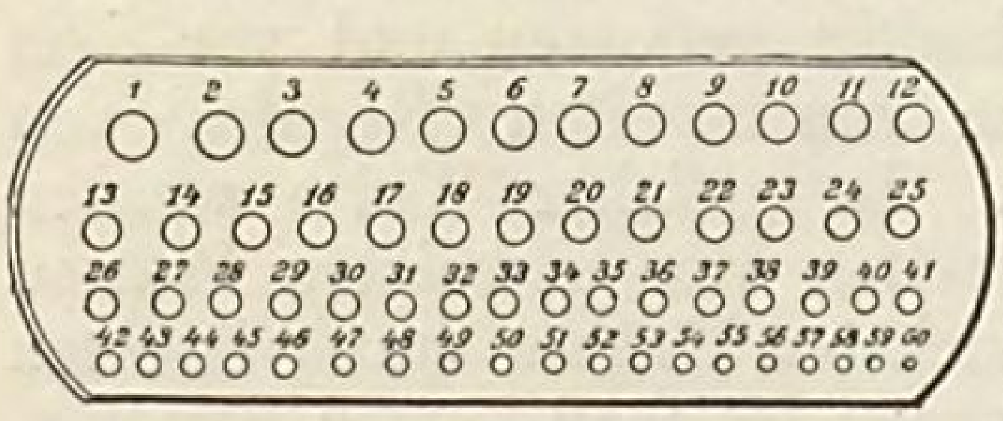


Fig. 1.

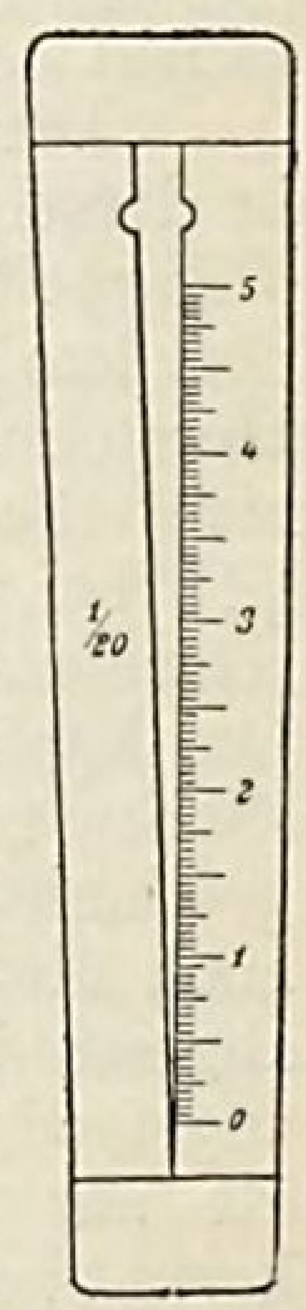


Fig. 2.

Drahtleier, s. Drahtfabrikation.

Drahtlotmaschine (Tieflotapparat), erfunden von W. Thomson, hat den Lotkörper aus Blei, welcher an seiner unteren Fläche die übliche Aushöhlung zur Aufnahme des die Grundprobe heraufbringenden Talgs zeigt, nicht an einer Hanflotleine, sondern — nach einem kurzen Vorlauf aus dickem Hanftauwerk — an Klaviersaitendraht, welcher um eine Trommel gewickelt ist, befestigt. Diese leicht drehbare Trommel liegt horizontal in einem am Heck des Schiffes angeordneten eisernen Gestell. Mittelst einer Bremsvorrichtung vermag man, sobald der Lotkörper den Grund berührt hat — was bei einiger Aufmerksamkeit leicht zu merken ist — das weitere Auslaufen des Drahtes zu verhindern. Auf die vierkantigen Axenden der Trommel aufzusetzende Kurbeln ermöglichen dann das Hochwinden bezw. Einholen des Lotes. Um den Draht vor Rost zu schützen, bewahrt man ihn, aufgerollt auf der Trommel, in einem mit Kalkwasser gefüllten Behälter auf. Man musste Draht als Lotleine benützen, weil eine Hanfschnur, die noch handlich gewesen wäre, die bei voller Fahrt des Schiffes von dem sehr schweren Lotkörper ausgeübte Zugbeanspruchung nicht ausgehalten hätte. Nun konnte der Draht aber nicht wie Hanfleinen mit Marken versehen werden, an welchen die gemessene Tiefe nach dem Aufholen des Lots abgelesen wird. Dem hat man durch die sinnreiche Vorrichtung abgeholfen, dass an der Lotleine, dicht über dem Lotkörper, eine Metallhülse befestigt ist, in welche eine Glasröhre, mit ihrem geschlossenen Ende voran, von unten eingeschoben und festgelegt wird, so dass ihr offenes Ende nach unten zeigt. Die inneren Wände dieser Glasröhre sind mit Bromsilber, welches eine rosa Farbe hat, belegt. — Da die erwähnte Metallhülse dem Seewasser Zutritt gestattet, dringt letzteres infolge des mit zunehmender Tiefe steigenden hydrostatischen Druckes von unten in die Glasröhre ein, wobei die in dieser befindliche Luft zusammengepresst wird und färbt das Bromsilber in chemischem Prozess, soweit es eingedrungen ist, weiss. — Durch Versuche ist nun das Mass des Eindringens des Seewassers in die Glasröhre bei allen Tiefen festgestellt und auf einem Holzmassstab verzeichnet, so dass man nach dem Aufholen des Lotes die aus der Metallhülse genommene Glasröhre nur an diesen Massstab anzulegen braucht, um sofort die gelotete Tiefe von ihm ablesen zu können. Der Apparat nimmt wenig Raum ein und hat den Vorzug, bei voller Fahrt benützt werden zu können. *v. Niessen.*

Drahtmaschengitter werden geflecht- oder gewebeartig mit der Hand oder mit Maschinen hergestellt. Je nach dem Zwecke, dem ein Drahtmaschengitter dienen soll und je nach den Ansprüchen, welche an dasselbe in Bezug auf Schönheit, Nützlichkeit und Billigkeit gestellt werden, wird man die Grösse und Form der Maschen, die Dicke des Drahtes und die eine oder die andere Herstellungsart wählen.

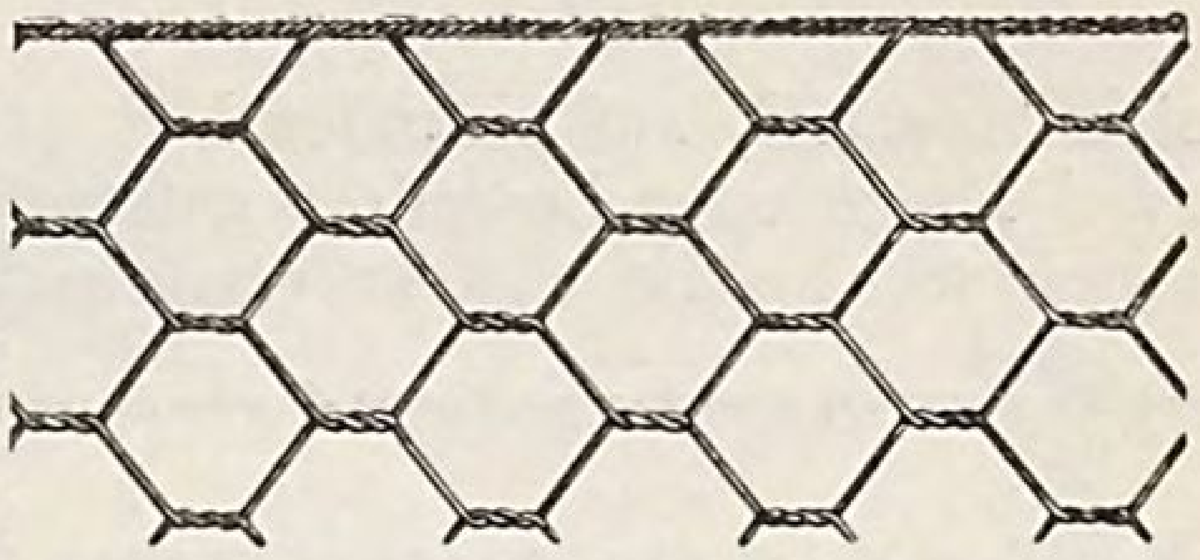


Fig. 1.

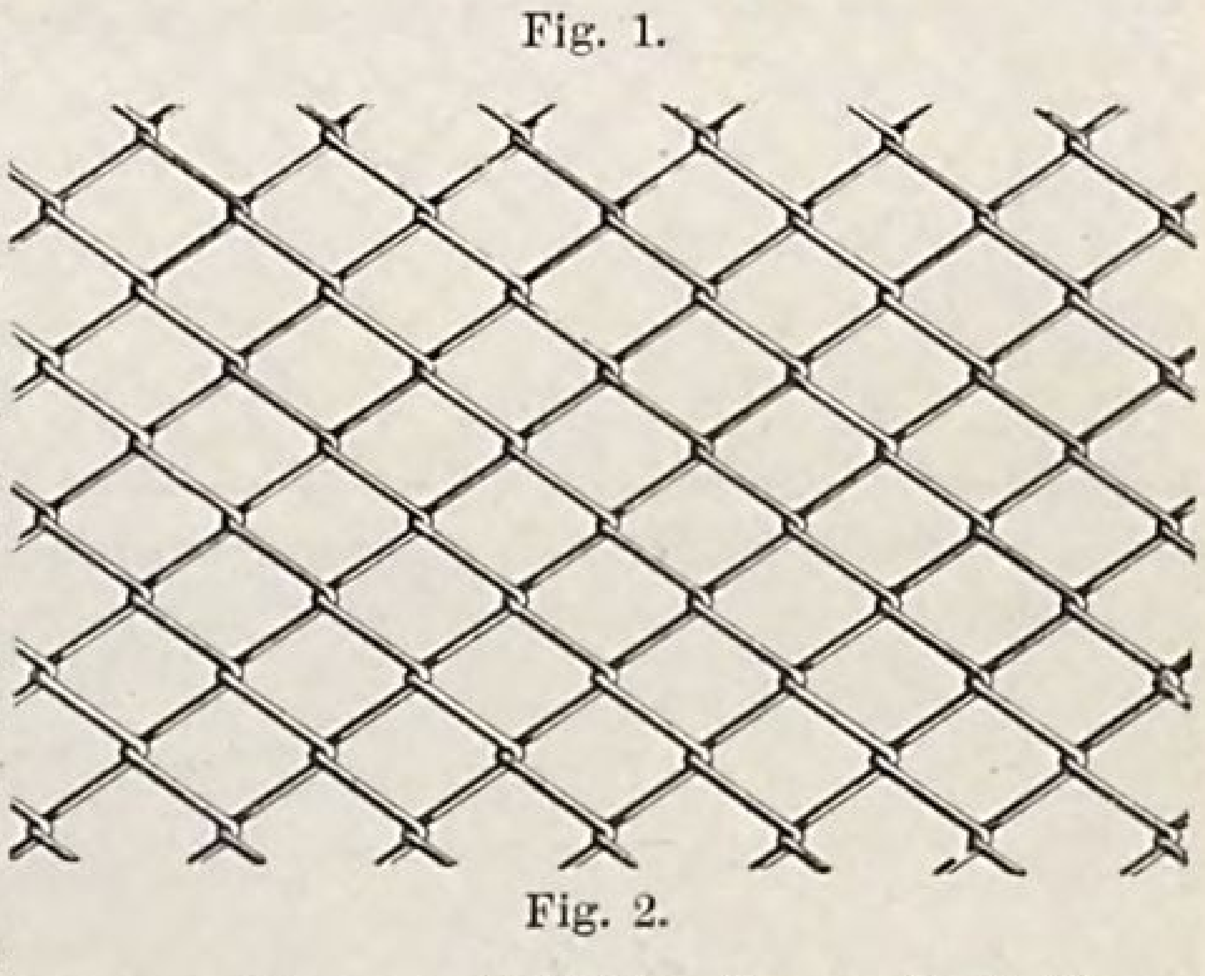


Fig. 2.

Das sechseckige oder englische Geflecht (Fig. 1) ist das einfachste und billigste; es wird auf Flechtmaschinen mechanisch hergestellt in Maschenweiten von 13 bis 100 mm und aus Draht in der Stärke von 0,7 bis 2,7 mm, in Geflechtsbreiten bis zu 3 m und in Stücken von meistens 50 m Längen; es erhält schon in der Flechtmaschine seine beiden Selfkanten und wird im Stück verzinkt, um dem Verrosten vorzubeugen. Es dient wohl ausschliesslich zu Einfriedigungszwecken, d. i. zum Einhegen von grossen Waldkomplexen (Wildgehegen), Aeckern und Wiesen, Baumschulen, Obst- und Gemüsegärten etc. Infolge seiner festen Form kann man es ohne weiteres von Pfahl zu Pfahl spannen und braucht es nur an diesen mit Schlaufen zu befestigen. — Das viereckige oder Maschinengeflecht (Fig. 2) wird meist aus verzinktem Draht mit der Hand unter Zuhilfenahme von maschinellen Einrichtungen in beliebig breiten und langen Stücken hergestellt. Während bei dem sechseckigen Geflecht die Drähte an den Kreuzungsstellen zusammengedreht sind, so dass fest geformte Maschen entstehen, sind beim viereckigen Geflecht die zu flachen Spiralen geformten Drähte an den Kreuzungsstellen nur lose in

einander gehängt. Es fehlen auch die Selfkanten und müssen an den Kanten die Drahtenden umgekniffen werden, um sie zu befestigen. Infolge des losen Gefüges des viereckigen Geflechts muss dasselbe entweder in einen festen Rahmen gespannt werden oder man muss je nach der Breite des Geflechtes zwei, drei oder mehr Drahtlitzen oder einzelne dicke Drähte spannen, an denen man das Geflecht mittelst

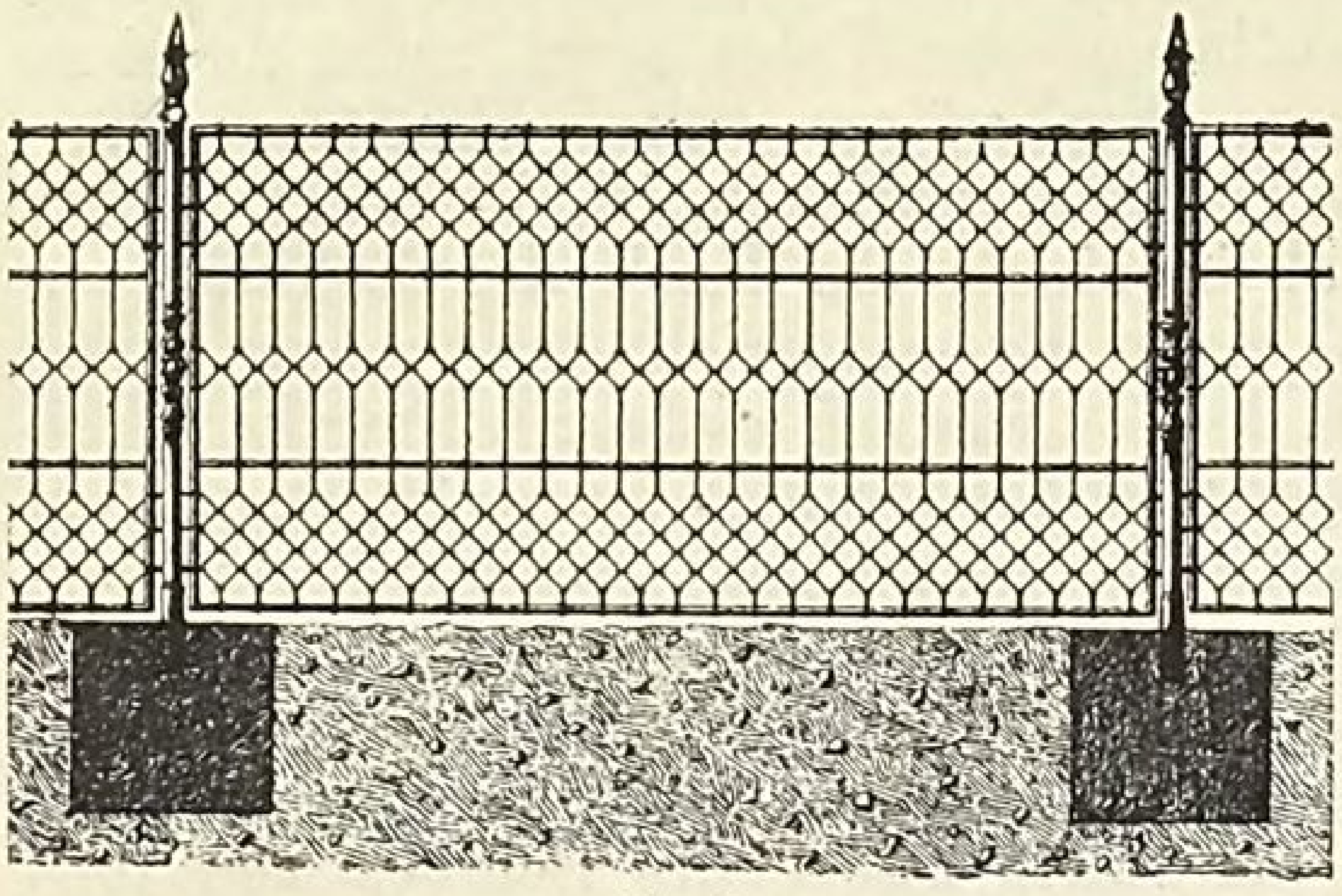


Fig. 3.

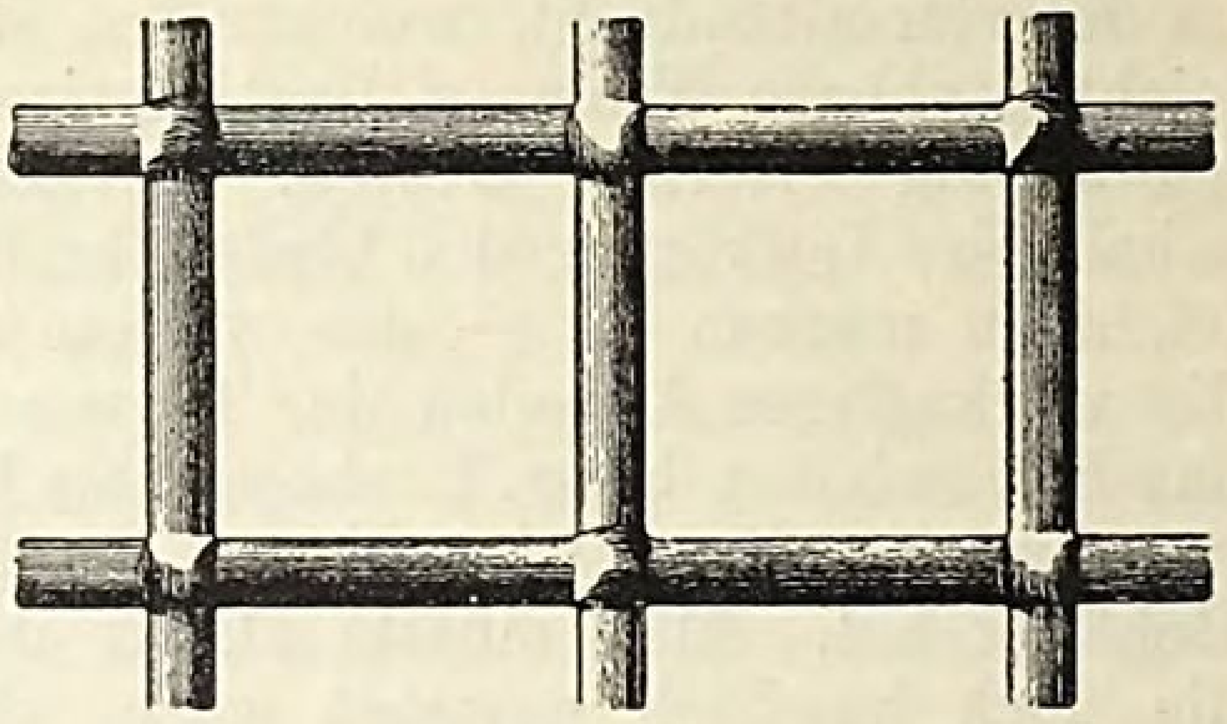


Fig. 4.

dünnem Bindedraht anbindet. Der Preis des viereckigen Geflechtes ist ein verhältnismässig höherer, das Gitter selbst aber auch solider und gefälliger, weshalb man es auch vornehmlich zur Einfriedigung von Ziergärten und als Schutzgitter für Glasfenster, einfallende Lichter etc. verwendet. — Drei- und viereckiges Handgeflecht, welches früher wohl wegen seiner grossen Haltbarkeit mit Vorliebe für Wurfgitter (Durchwürfe) und ähnliche Zwecke verwendet wurde, kommt in neuerer Zeit seines hohen Preises wegen kaum noch in Frage. Von Handgeflechten sind auch noch in Erwägung zu ziehen: die Ziergitter (Fig. 3), welche in verschiedenen Mustern von Handgeflechten und in festen Rahmen eingespannt zur Einfriedigung von Luxusgärten und zu Schiffsrailings verwendet werden.

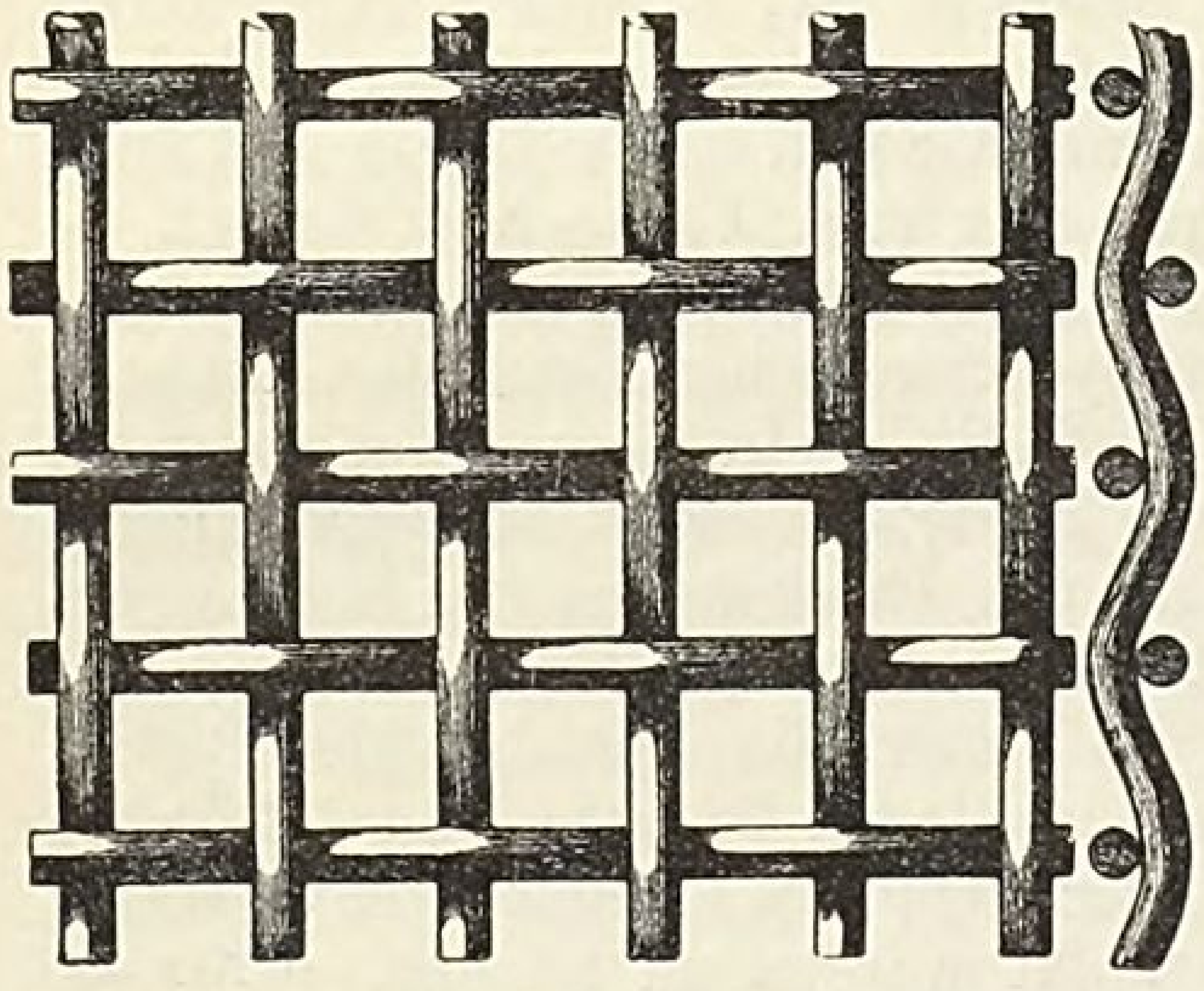


Fig. 5.

Eine wesentlich andere Art von Drahtmaschengitter sind die nicht geflochtenen, sondern gewebeartig hergestellten Drahtgitter und die sogen. Drahtspriegelzäune. In einfachster, aber nicht billigster Weise werden solche Drahtgitter hergestellt, indem man die Drähte, meist im rechten Winkel sich kreuzend, auf einander legt und an den Kreuzungspunkten einen Ring oder zwei Ringe oder besonders geformte Verbindungsstücke (Rosetten etc.) anbringt, durch welche die sich kreuzenden beiden Drähte zusammengehalten werden.

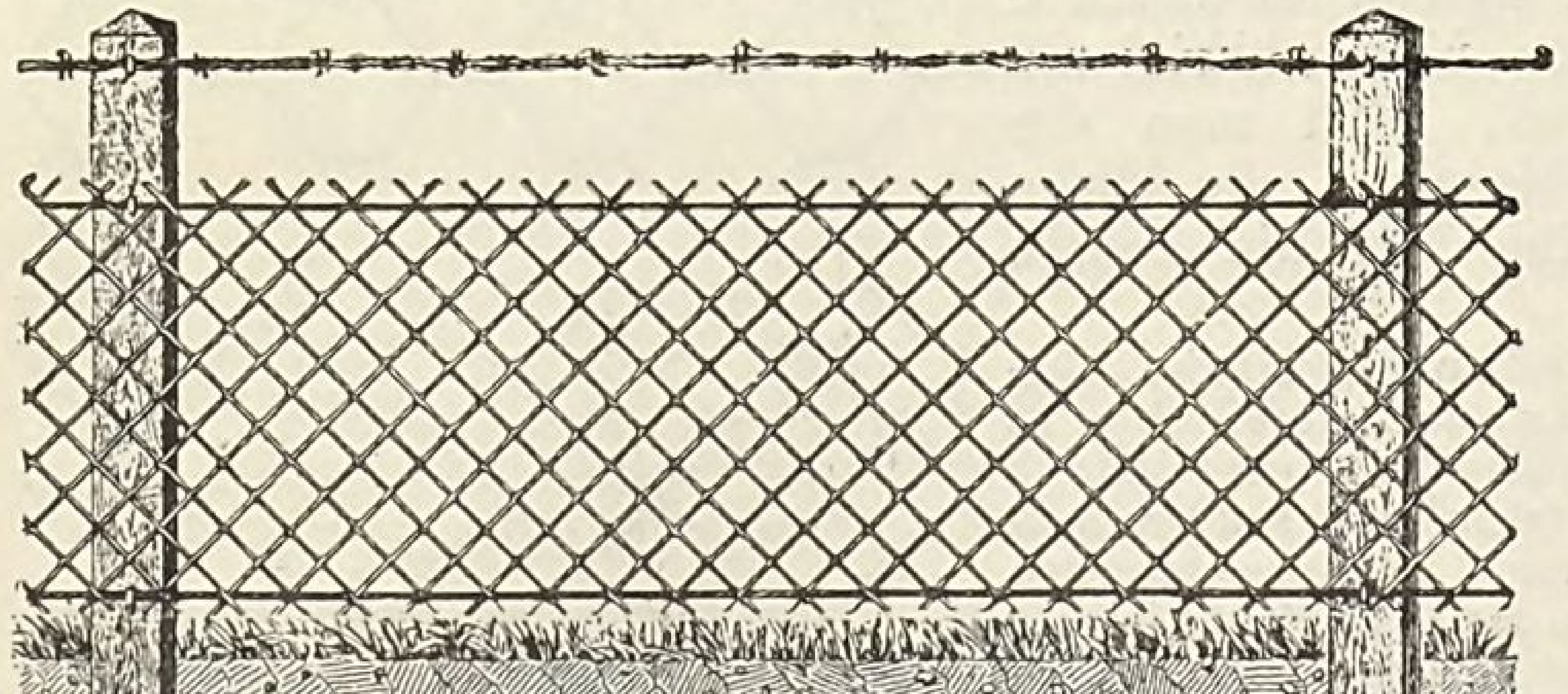


Fig. 6.

Die gepressten Gitter (Fig. 4) werden in zweierlei Weise hergestellt. Es werden an den Kreuzungsstellen entweder beide Stäbe durchgesetzt, so dass die Drähte sämtlich in einer Ebene liegen; oder es werden die Stäbe nur in Abständen gleich der doppelten Maschenweite durchgesetzt, so dass an den Kreuzungspunkten der eine Draht glatt durchläuft, während der andere Draht um die halbe Drahtdicke durchgesetzt ist. Die erstere Herstellungsart gibt das festere Gefüge, weil an den Kreuzungspunkten sich beide Drähte nicht verschieben können. — Gekrippte Gitter (Fig. 5) setzen sich aus vorher gewellten Drahtstäben zusammen; die Höhe der Drahtwellen entspricht der Drahtdicke, die Länge der Wellen der Maschenweite. — Drahtspriegelzäune sind ähnlich den gepressten Drahtgittern hergestellt; an den Kreuzungsstellen sind beide sich kreuzenden Stäbe durchgesetzt; die Anordnung der Stäbe ist aber nicht horizontal und vertikal,

sondern diagonal, so dass sie nach den Ecken eines Feldes zu gleichmässig kürzer werden (Fig. 6). Zum Montiren von Zäunen werden in entsprechenden Abständen zwei Drahtlitzen von Pfahl zu Pfahl gespannt, an welche das Drahtgitter ähnlich wie das Maschinengeflecht mit Bindedraht angebunden wird. — Die zerlegbaren Drahtgitter, wie sie von Friedrich Hentze in Vörde hergestellt werden, setzen sich aus besonders geformten Drahtbügeln zusammen, welche an den Enden mit Oesen versehen sind, gross genug, um die Oese des anzuhängenden Bügels durchstecken zu können. Mit Hilfe von langen und kurzen und von verschieden geformten Bügeln lassen sich diese zerlegbaren Drahtgitter nach verschiedenen Mustern herstellen.

Zu den hervorragendsten Firmen für Fabrikation von Drahtmaschengittern gehören jene von Felten & Guilleaume zu Mülheim a. Rh., Joh. Anderlitschka zu Steine, Liebrecht & Cie. zu Bochum, A. W. Kaniss zu Wurzen i. S.

Drahtmasse, s. Drahtlehren.

Drahtprüfungen erstrecken sich in der Regel auf Zerreissversuche und Biegeproben, ausserdem bei Telegraphendrähten auf Verwindungsproben und auf die Ermittelung des elektrischen Leitungsvermögens und bei verzinkten Drähten auf die Bestimmung der Festigkeit und Dicke des Zinküberzuges. In den Bedingungen für Drahtlieferungen pflegen ferner auch Vorschriften für die zulässigen Abweichungen in den Drahtstärken und für den Zustand der Drähte an der Oberfläche und im Bruch gegeben zu werden. — Die Prüfung von Seildrähten, wie sie seitens der königl. Bergämter geübt wird, bezweckt eine periodische Untersuchung der Förderseile auf ihre Betriebssicherheit.

Hierzu wird dem Seil ein Abschnitt von 1 m Länge (s. Seilprüfungen) entnommen und zwar bei neuen Seilen an deren Enden und bei benützten Seilen mindestens alle 3 Monate in einer Entfernung von 2—3 m über dem Einbande. Sämtliche Drähte des Abschnittes mit Ausnahme der Drähte der Seelenlitze des Seiles und der Seelendrähte (Kerndrähte) der Seillitzen sind auf Zugfestigkeit und Biegsamkeit zu prüfen und ist dann die Tragfähigkeit des ganzen Seiles aus der Summe der Bruchfestigkeiten der einzelnen Drähte zu ermitteln. Auszuschliessen bei dieser Berechnung sind alle diejenigen Drähte, deren Zugfestigkeit um 20% geringer ist als die mittlere Festigkeit aller untersuchten Drähte, sowie diejenigen Drähte, welche die vorgeschriebene Anzahl von Biegungen nicht ertrugen [1].

Die Zerreissversuche werden auf sogen. Festigkeitsprobirmaschinen angestellt. Eine ausserordentlich verbreitete Sondermaschine für Zugversuche mit Drähten ist die Maschine von A. v. Tarnogrocky in Essen (Fig. 1). Bei ihr wird die Belastung des in die beiden Klauen *b* eingespannten Drahtes durch Anheben des Pendels *g* bewirkt und durch den Zeiger *m* auf einer Kreisteilung angezeigt. Um den erreichten grössten Ausschlag des Zeigers auch nach dem Bruch des Drahtes noch ablesen zu können, verschiebt der Zeiger *m* den Schieber *n* längs der Teilung. Das beim Zerreissen der Probe frei gewordene Pendel wird durch eine Sperrklinke an dem gezahnten Kreisbogen *k* aufgehängt. Die Schnur *f* dient zum Auslösen der Klinke, worauf das Pendel mit Hilfe der Kurbel *e* an einem Seil herabgelassen wird. Die Maschinen werden entweder mit einem hydraulischen Antrieb, bestehend aus dem Cylinder *c*, der Kolbenstange *w* und dem Steuerhahn *o* (Fig. 1) oder mit einem Schraubenantrieb versehen. Bei einer Zugkraft von 1000—3000 kg beträgt der Preis beim Schraubenantrieb 450—975 Mk. und bei hydraulischem Antriebe 580—1165 Mk. — Zur Biegeprobe (auch Umschlagprobe genannt) wird der Draht mit dem einen Ende in einen Schraubstock eingespannt, dessen Klemmbacken nach dem vorgeschriebenen Halbmesser von 5 oder 10 mm abgerundet sind. Das hervorragende Ende wird abwechselnd über beide Backen umgebogen und die Anzahl der Biegungen bis zum Bruch gezählt. Als einzelne Biegung gilt

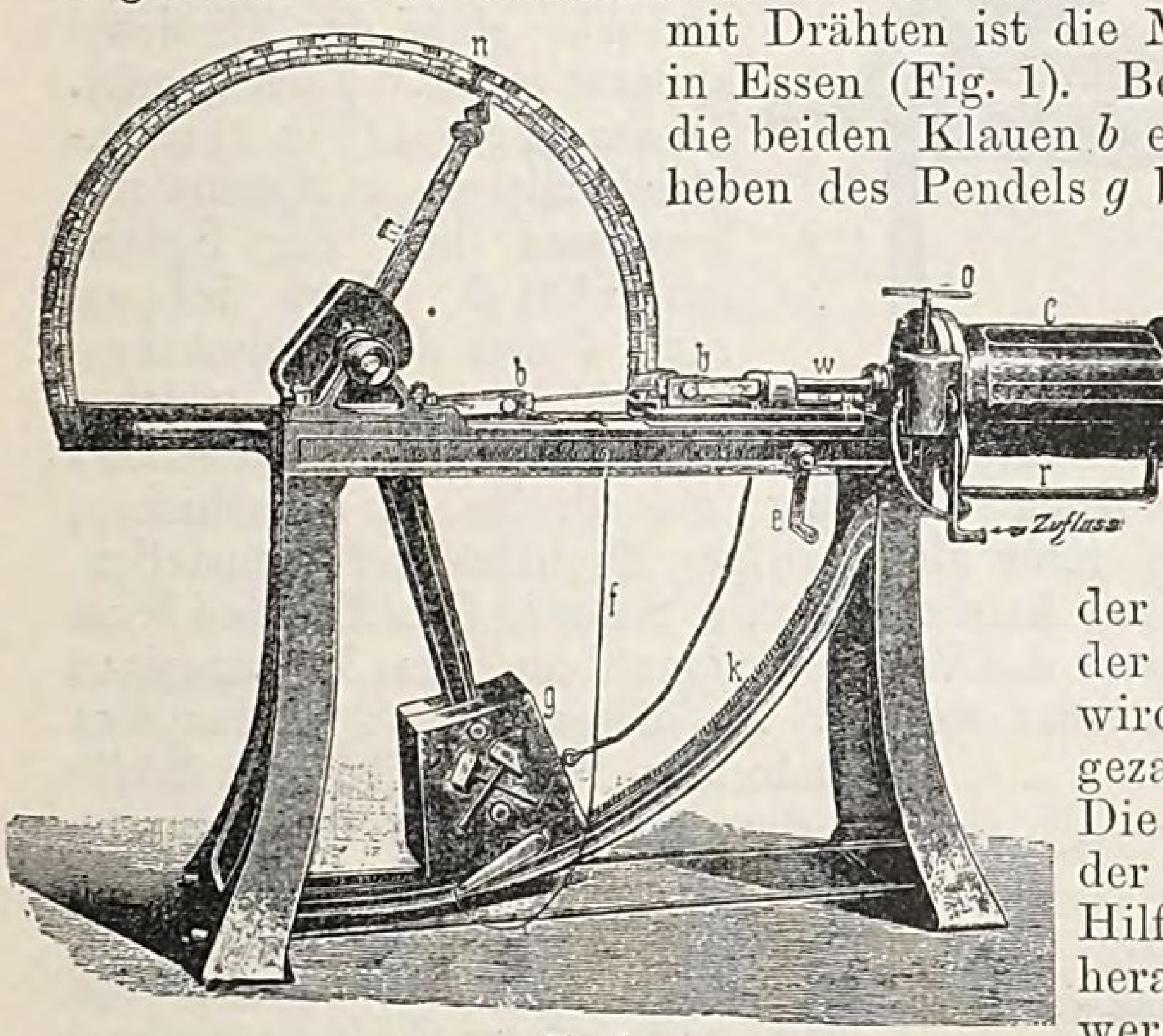


Fig. 1.

das Umlegen aus der Senkrechten um 90° zur Horizontalen und das Zurückführen in die Senkrechte. Besondere sehr handliche Apparate (s. Fig. 2), bei deren Anwendung der mittelst eines Exzenterhebels *D* eingeklemmte und durch den Arm *A* hindurch geführte Draht *e* mit Hilfe des Hebels *C* gebogen wird, liefert A. v. Tarnogrocky in Essen, zum Anschrauben an einem Tisch eingerichtet, für 35 Mk. und in feinerer Ausführung, bei der die Klemmbacken durch gehärtete, auswechselbare Wellen ersetzt sind, für 200 Mk. — Eine besondere Art von Biegeprobe, die bei den königl. preussischen Eisenbahnen für eiserne Telegraphendrähte im Gebrauch ist, besteht darin, dass der Draht, ohne zu brechen, zu spalten oder zurückzufedern, sich in dicht neben einander liegende, einen Draht von derselben Stärke fest umschliessende Windungen bringen lassen muss. — Bei der Verwindungsprobe wird die Anzahl der Verwindungen ermittelt, welche der Draht auf 150 mm Länge bis zum Bruch aushält; zugleich gibt der Verlauf der Verwindungen einen Anhalt für die Beurteilung der Gleichmässigkeit des Materials bezüglich seines Härtegrades, indem die Windungen harte Stellen im Draht überspringen. Bei Drähten mit nicht allzu hoher Verwindungszahl erfolgt das Auszählen in leichter Weise an den Spiralgängen, die eine zuvor auf dem Draht angebrachte farbige gerade Linie auf 150 mm Länge des verwundenen Drahtes bildet.

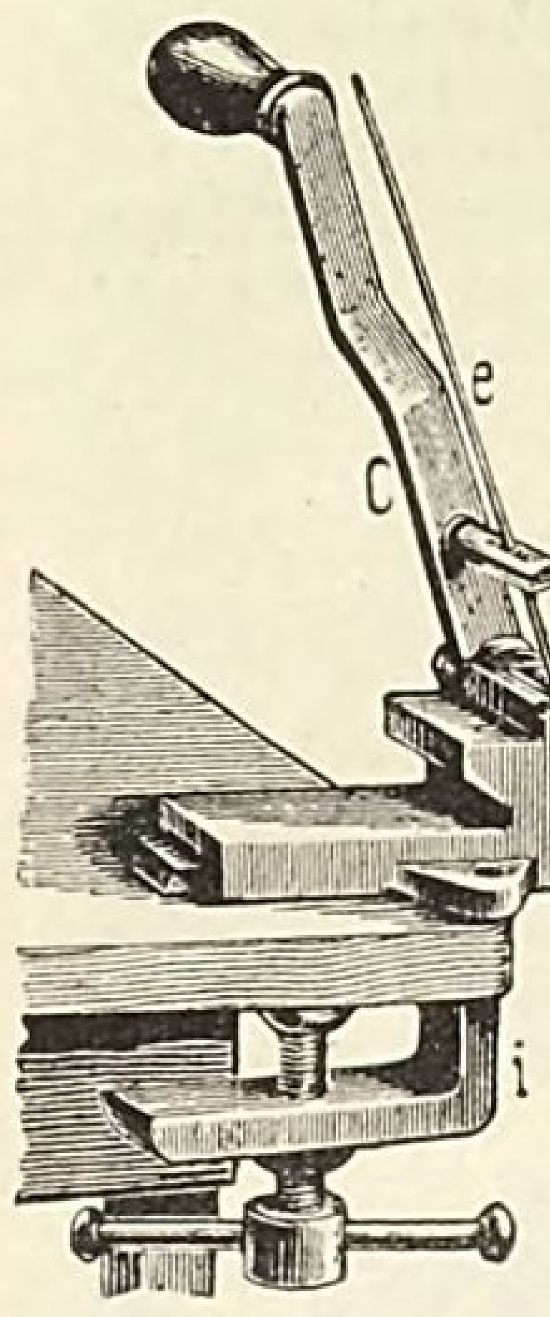


Fig. 2.

An Drähten mit geringem Durchmesser und grosser Verwindungszahl bietet das Auszählen in der beschriebenen Weise Schwierigkeit. Man spannt derartige Drähte daher am zweckmässigsten so ein, dass die Länge zwischen den Einspannungen 150 mm beträgt, und bestimmt dann die Verwindungszahl gleich beim Versuch. In ausgedehntem Gebrauch für Verwindungsversuche steht der Torsionsapparat von A. v. Tarnogrocky. Dieser Apparat (Fig. 3) ist zugleich mit einem Spannwerk, bestehend aus der Spannschraube *B*, dem Schnurzuge *d* und dem Belastungsgewicht *A* versehen, welches gestattet, nicht nur die Einspannvorrichtung c des einen Drahtendes entsprechend der mit dem Verwinden verbundenen Dehnung der Probe zu verschieben, sondern auch Verwindungsproben unter gleichzeitiger Zugbelastung anzustellen.

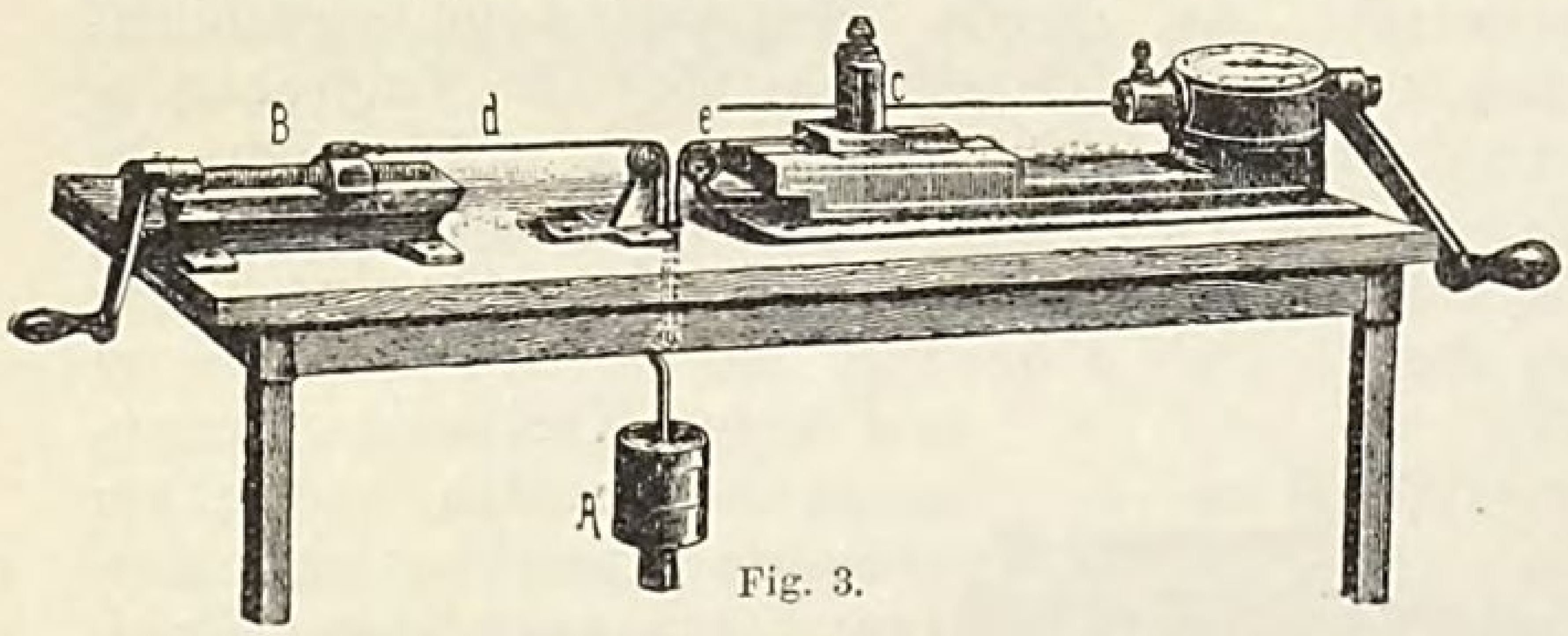


Fig. 3.

— Mit dem Verwindungsapparat von Amsler-Laffon & Sohn in Schaffhausen kann ausser der Verwindungszahl auch das Drehmoment bestimmt werden. Zu diesem Zweck ist das eine Ende der Probe mit einer Welle verbunden, auf der zwei kongruente, symmetrisch gelegene, spiralförmige Scheiben aus Stahlblech fest aufgesetzt sind. Die Scheibenumfänge sind mit einer Rille versehen, welche zur Aufnahme dünner Seile dienen, die durch frei hängende Gewichte gleich stark belastet sind. Die der Scheibenform und Seildicke entsprechenden Hebelarme für den Angriff der Gewichte sind in der Nullstellung des Apparates gleich gross, so dass die beiden Belastungsgewichte sich das Gleichgewicht halten. Beim Versuch ändern sich die Hebelarme entsprechend der durch Verdrehung im Draht erzeugten Spannung, indem sich die Welle mit den Scheiben dreht und das eine Seil im Sinne wachsenden Durchmessers auf die Scheibe auf- und das andere abläuft, so dass der Unterschied zwischen beiden Gewichts-

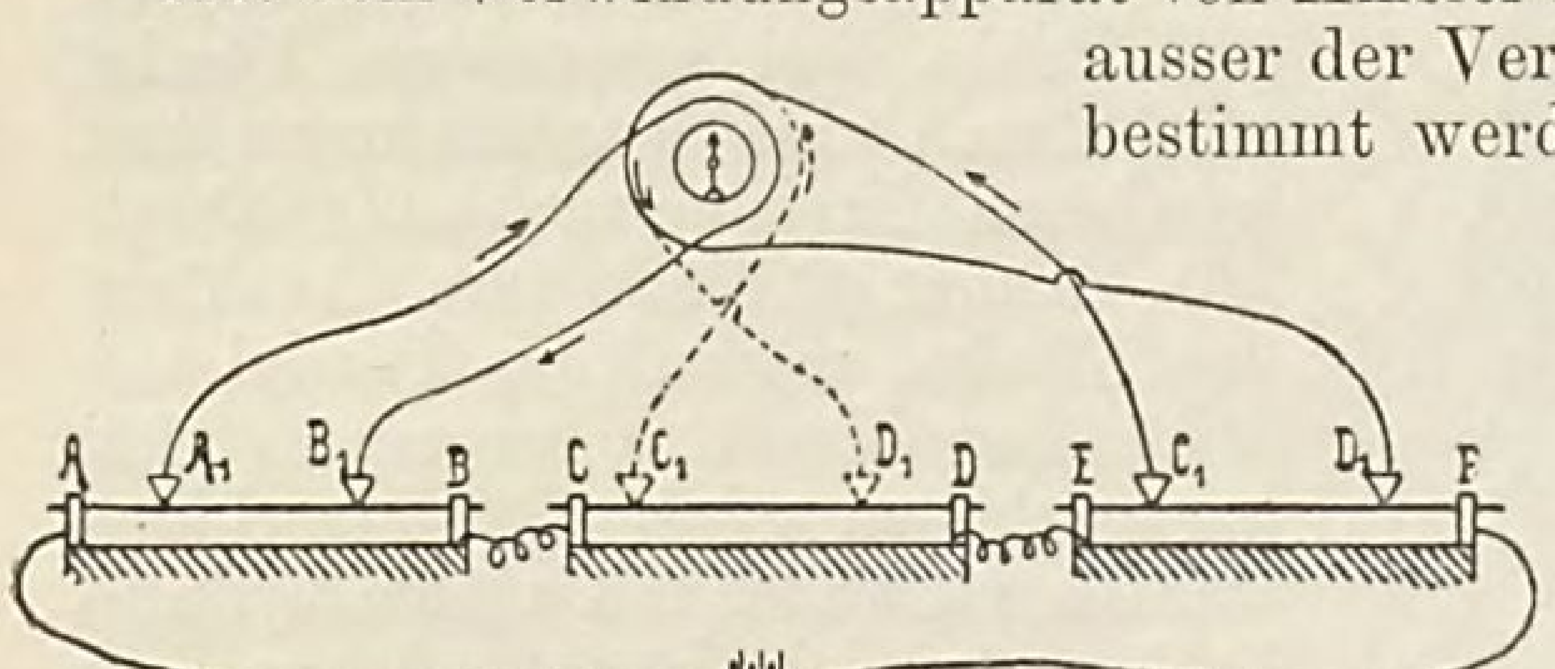


Fig. 4.

momenten stets gleich dem Torsionsmoment des Drahtes ist. Letzteres und die zugehörige Umdrehungszahl werden selbstthätig zu einer Schaulinie aufgetragen [2].

Zur Bestimmung des elektrischen Leitungsvermögens wird durch Prof. Paalzow folgendes Verfahren empfohlen [3]: In den Schliessungsbogen eines Daniel'schen Elementes werden nach Massgabe der schematischen Darstellung Fig. 4 drei Drähte eingeschaltet und zwar ein beliebiger Draht AB, der zu untersuchende CD und ein Normaldraht EF mit bekanntem Leitungsvermögen. Durch zwei starke Messingklötze $A_1 B_1$ wird der Strom zu der einen Windung eines Differentialgalvanometers geleitet und durch die Klötze $C_1 D_1$ zu dessen zweiten Windung. Der Abstand der Klötze C_1 und D_1 wird so gewählt, dass zwischen ihnen der Widerstand a ein bekannter wird. Die beiden Klötze $A_1 B_1$ werden nun so lange verschoben, bis die Galvanometernadel in Ruhe bleibt. Dann werden die Klötze C_1 und D_1 vom Normaldraht abgenommen und auf den zu prüfenden Draht so aufgesetzt, dass die Nadel wieder auf Null steht. Bezeichnet man den Abstand zwischen C_1 und D_1 in Metern mit l_1, so ist der Widerstand x des zu untersuchenden Drahtes pro Kilometer in Siemenseinheiten: $x = a : l_1 \cdot 1000$ und sein spezifisches Leitungsvermögen s im Vergleich zu Quecksilber: $s = l_1 : aF$, wenn F den Querschnitt des Drahtes bedeutet. — Die Festigkeit des Zinküberzuges wird ermittelt, indem man den Probedraht auf einen zweiten Draht von gleichem Durchmesser spiralförmig aufwickelt. Hierbei müssen nach den Vorschriften der königl. preussischen Eisenbahndirektionen Drähte von 5 mm Durchmesser 5 Umwicklungen, 4 mm starke Drähte 6 und 2,5 mm starke Drähte 8 Umwicklungen aushalten, ohne dass der Zinküberzug abblättert. — Die Dicke des Zinküberzuges soll bei Telegraphendraht für die königl. preussische Eisenbahn so stark sein, dass der Probedraht siebenmal je eine Minute lang in eine Lösung von 1 Teil Kupfervitriol in 5 Teilen Wasser eingetaucht werden kann, ohne dass er sich mit einer zusammenhängenden Kupferhaut bedeckt.

Vorschriften für die Lieferung von Telegraphen- und Seildrähten.

Vorschriften der	Material	Verwendungszweck	Durchmesser	Zulässige Schwankungen im Durchmesser	Biegeproben		Zugversuche			Anzahl der Verwindungen auf 150 mm Länge	Leitungsvermögen bei + 15° C.	
					Krümmungshalbmesser	Anzahl der Biegungen	Mindestwerte: Bruchspannung	Mindestwerte: Tragfähigkeit	Höchste Werte für die Bruchdehnung		im Verhältnis zum reinen Kupfer	Höchste Werte in S.E. für das km
			mm	mm	mm		kg/qmm	kg	%		%	
Reichs-Post- und Telegraphen-Verwaltung	Bronze	Telegraphendrähte	4,5		10	6	50	795	1,5		90	1,29
			4,0		10	7	51	640	1,5		90	1,63
			3,0	± 0,05	5	7	52,6	372	1.5	—	90	2,90
			2,0		5	7	52,6	165	1,5		90	6,5
			1,5		5	11	70	120	1,0		61	16,9
	verzinktes Kupfer		1,5	± 0,05	5	12	—	—	beliebig	—	—	—
	verzinkter Eisendraht		6	± 0,1	10	6		1130		16		4,95
			5	„	10	7		785		19		7,15
			4	„	10	8	40	502	—	23	13	11,15
			3	± 0,05	5	8		282		28		19,80
			2	± 0,1	5	14		125		32		—
			1,7	„	5	16		90		38		—
Königl. preuss. Eisenbahnen	Desgl.		5			20		785				
			4	± 0,1	5	25	40	502	—	—	—	—
			2,5			30		196				
			2			30		125				
Königl. Ober-Bergämter	Eisen und Stahl	Seildrähte	bis 2,0			8						
			2,0–2,2			7						
			2,2–2,5	—	5	6	—	—	—	—	—	—
			2,5–2,8			5						
			> 2,8			4						

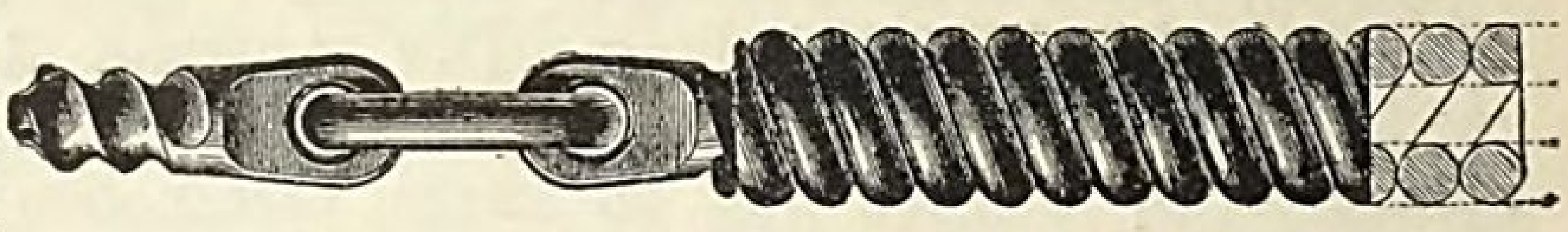
Litteratur: [1] Oesterr. Zeitschrift für Berg- und Hüttenwesen 1889, S. 365. — [2] Tetmajer, Mitt. der Anstalt zur Prüfung von Baumaterialien am eidgen. Polytechnikum in Zürich, Heft 4, S. 239. — [3] Mitt. a. d. königl. technischen Versuchsanstalten zu Berlin 1888, Ergänzungsheft I. *Rudeloff.*

Drahtriesen, s. unter Luftseilbahnen.

Drahtrinnen (Drahtschienen), in der Chirurgie zum Einschindeln bei Knochenbrüchen etc. gebrauchte Drahtgewebe.

Drahtsaiten, s. Saitenfabrikation.

Drahtschnur, schraubenförmig, sehr eng gewundener Draht, dessen Enden in einander gehakt werden, wirkt als Treibschnur auch bei geringer Rollenentfernung, da sie infolge der Windung genügend elastisch ist.


Drahtschnur mit Schloss von G. Pickhardt in Bonn.

Drahtseilbahnen nennt man zurzeit zwei unter einander wesentlich verschiedene Bahnsysteme; es ist daher von vornherein nicht klar, welches der beiden Systeme unter der genannten Bezeichnung zu verstehen ist. Das eine der beiden Systeme besteht darin, dass die Bahn selbst aus einem oder mehreren hoch gelegenen Seilen besteht, auf welchen die Wagen oder Fördergefässe durch Vermittelung von Rollen laufen und ihre Bewegung durch Vermittelung von Zugseilen oder durch die Schwerkraft erhalten. Die Zugseile selbst werden zumeist maschinell angetrieben; hierbei besteht also sowohl die Bahn als auch in den meisten Fällen die Bewegungsvermittelung aus Seilen; es ist schwierig, eine passende und zugleich kurze Bezeichnung für dieses Bahnsystem zu finden. Da die Bahn, d. i. das tragende Seil, in der Regel hoch liegt und dasselbe zumeist in grösseren Abständen unterstützt wird, so wollen wir dieses System, wenn auch nicht ganz zutreffend, der Einfachheit wegen mit Luftseilbahn bezeichnen und auch unter diesem Schlagwort die dahin gehörigen Anordnungen besprechen. — Beim zweiten (unter der Bezeichnung Drahtseilbahn bekannten) System laufen die Wagen aber nicht mehr auf einem Seile, sondern auf einem auf durchgehenden Unterbau verlegten Schienengleis und werden nur mittelst eines mit den Wagen verbundenen Seiles bewegt; die Bewegung des Seiles erfolgt entweder durch die Schwerkraft eines Gegengewichts (zumeist eines zweiten Wagens) oder maschinell. Es ist also bei diesem System nur ein Zugseil zur Bewegung der Wagen vorhanden, während dieselben nicht auf einem Seile, sondern auf einem Schienengleis laufen; man könnte dieses System daher mit Gleisseilbahn bezeichnen; wir wollen hierfür aber die einfachere und mit Rücksicht auf das erst besprochene System nicht mehr zweifelhafte Bezeichnung Seilbahn wählen und unter diesem Schlagworte auch die hierzu gehörigen Bahnen besprechen. *Dolezalek.*

Drahtseilbahnen sind ein im Fabrik- und landwirtschaftlichen Betrieb verwendbares Transportmittel, um leicht teilbare, nicht zu voluminöse Materialien, wie Kohlen, Ziegel, Mergel, Sand, Steine, Holz, Rüben und Getreide etc. zwischen zwei Orten auf mässige Entfernung in der Horizontalen oder auch in geneigter Ebene bis zu 8% in der Art zu befördern, dass die Last in einzelne Förderwagen verteilt, unter Verwendung von Laufschienen, sowie eines endlosen Drahtseils in der Luft schwebend fortbewegt wird. Die älteren Systeme von v. Ducker (s. Rühlmann, Allgem. Maschinenlehre, Bd. 4, Braunschweig 1875) und Hodgson (s. Perels Anwendung der Dampfkraft in der Landwirtschaft, Halle 1878) sind überholt durch dasjenige von Adolf Bleichert-Leipzig-Gohlis, welches hier näher beschrieben werden soll. Zwischen den beiden Transportorten A und B, z. B. einem Bahnhof und einer Zuckerfabrik, ist auf die Entfernung von 25—40 m eine Anzahl starker Gerüststangen, womöglich geradlinig eingesetzt. Dieselben sind so hoch, dass der Verkehr unter der Bahn nicht gehindert ist und oben mit einem Querholze versehen, an dessen beiden Enden die leichten Tragschienen aufliegen. Dieselben sind an dem einen Punkte A fest verankert, an Punkt B über Rollen gebogen und stark beschwert, so dass sie stets straff gespannt sind. Auf diesen Tragschienen b wird der Förderwagen g aufgehängt (s. Fig. 1), so dass die Leitrollen a über die Tragschiene b greifen.

An beiden Enden der Bahn befindet sich eine horizontale Seilscheibe, um dieselben ist ein endloses Drahtseil gelegt, welches entsprechend gespannt und auf die Entfernung von 30—60 m (je nach verlangter Leistung) mit massiven Bolzen versehen ist. Befindet sich nun am Punkte *B* ein Motor, so wird von diesem aus die Seilscheibe angetrieben, das Drahtseil *c* bewegt sich endlos mit und der einzelne Förderwagen wird von ihm mitgenommen, sowie ein Bolzen sich in dem Verschluss *ef* festgelegt hat. Kommt der Wagen auf Station *A* an, so passirt er eine Vorrichtung, welche den Verschluss löst, der Wagen wird von Hand auf einer im Bogen geführten Tragschiene fortgeschoben, durch Kippen entleert, gelangt auf die andere Seite der Bahn, das Drahtseil wird in den Verschluss eingeklinkt und sowie der nächste Bolzen in demselben anstösst, wird der leere Wagen zur Ladestation mitgenommen, wo das Spiel sich in ähnlicher Weise wiederholt. Sehr wichtig für den ungestörten Betrieb ist, dass die Bolzen fest mit dem Seil verbunden bleiben. Die seitherige Art der Verbindung beider Teile, Festlöten des auf das Seil geschobenen Bolzens, war eine umständliche und nicht ganz sichere. In neuerer Zeit fertigt Bleichert den Bolzen aus zwei Stahlhülsen, welche durch die Stifte *a* (Fig. 2) mit einander verbunden werden. Zwischen das Seil und die innere Wand der Hülsen kommen die Metalleinlagen *m* in Fig. 3, sowie Gummiplatten *g*. Durch den in Fig. 4 abgebildeten Apparat, welcher an passender Stelle für den Gebrauch befestigt wird, wird das Zugseil hindurchgeführt, die mit den Einlagen versehenen Hülsen aufgelegt, worauf die Pressung, sowie die Befestigung beider Hälften durch Stifte geschieht. Auf diese Weise ist ein Versetzen der Bolzen auf dem Seil sehr vereinfacht und zudem die Befestigung sicherer als früher. Massgebend für die Leistung ist die Entfernung von Lade- und Entladeort, die Zahl und Belastung der Förderwagen und die Geschwindigkeit des Drahtseils. Der einzelne Förderwagen fasst ca. 250 kg Kohlen oder 150 kg Rüben. Die Geschwindigkeit des Drahtseils wird mit 1,3—1,6 m pro Sekunde eingehalten. Nach den Angaben von Bleichert sind die Anlage- und Förderkosten z. B. für die Entfernung von 2—4000 m bei einem täglichen Förderquantum von 2000 Meterzentner folgende:

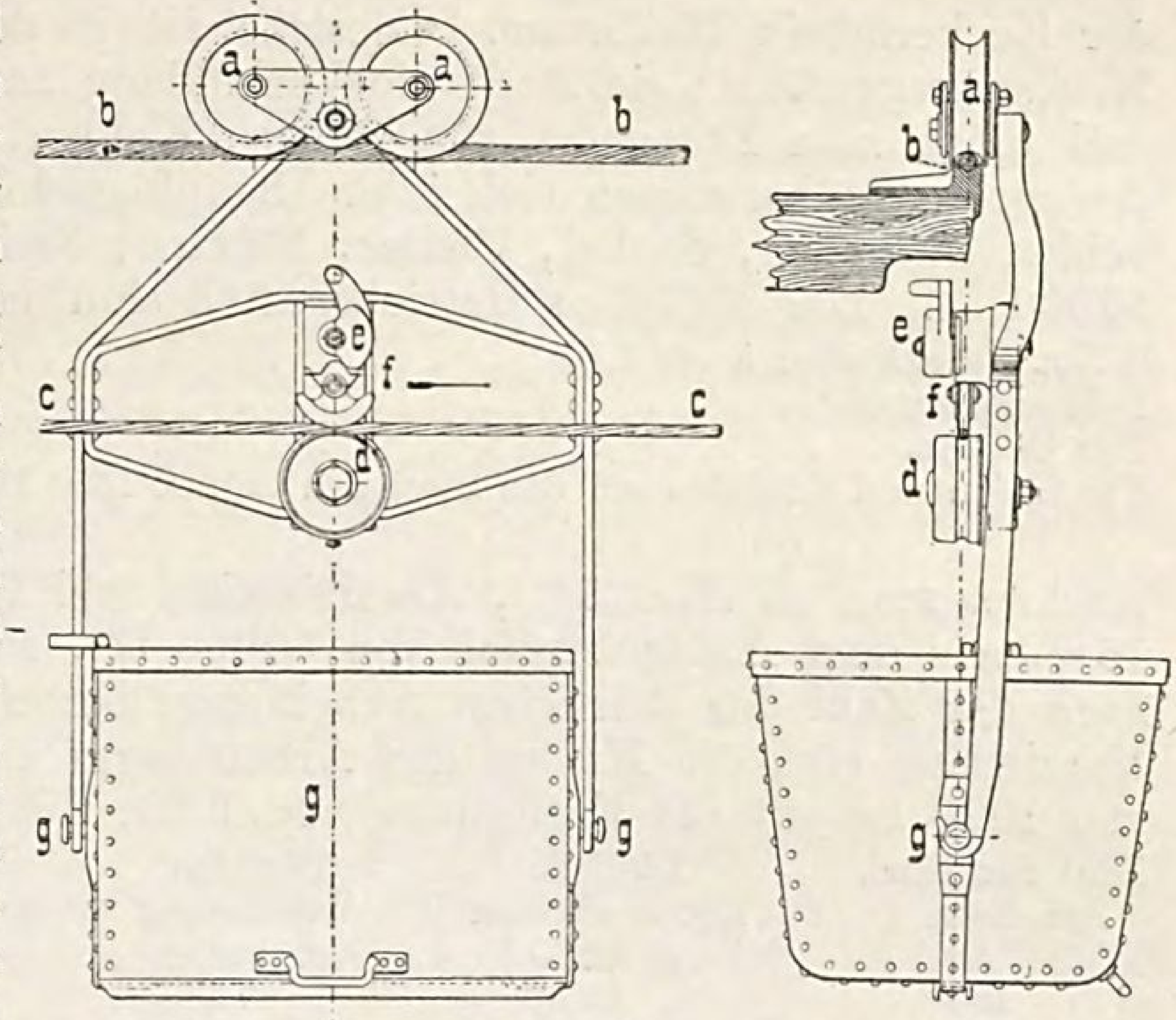


Fig. 1.

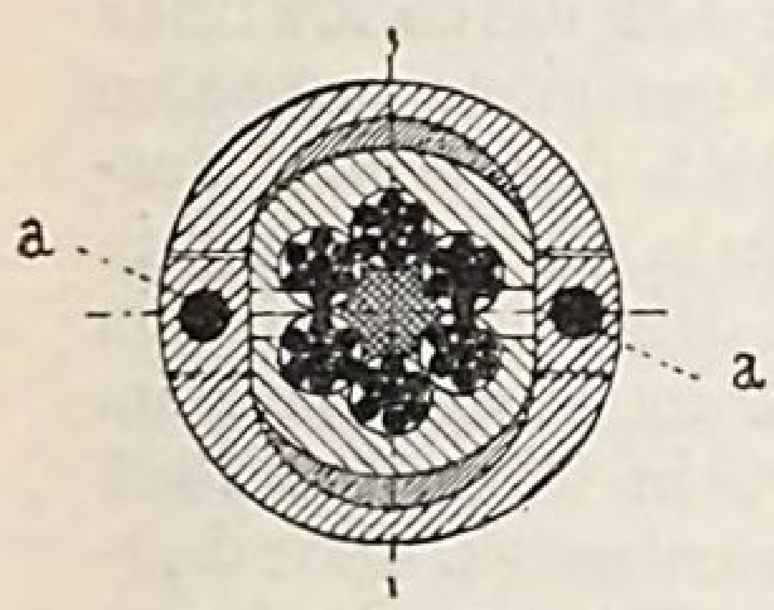


Fig. 2.

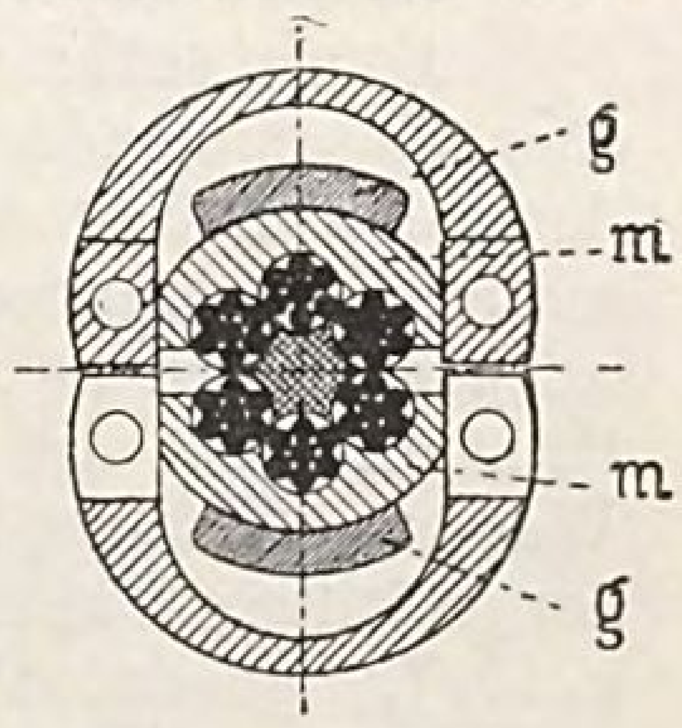
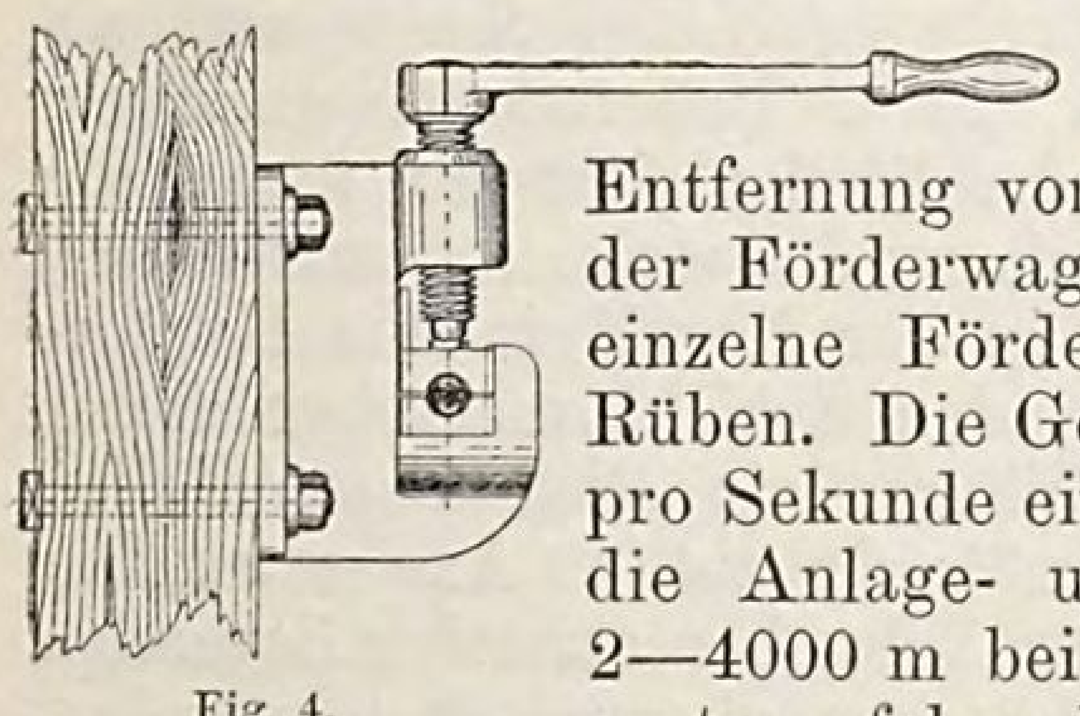


Fig. 3.


Fig. 4.

Bahnlänge	Anlagekosten pro lauf. m	Förderkosten pro 5000 kg
2000 m	*M.* 13,40	*M.* 1,06
3000 „	„ 13,30	„ 1,38
4000 „	„ 13,20	„ 1,76

Bei den Anlagekosten sind nicht mit einbegriffen die Tragstangen mit 0,75—2 *M.* pro lfd. m, bei den Förderkosten ist der Motor nicht gerechnet, dagegen Verzinsung und Amortisation der Anlage, sowie Bedienung und Heizmaterial. Perels gibt in seinem oben angeführten Werke (S. 318) die

Rentabilitätsberechnung einer solchen Bahn, bei welcher die Tonne Eisenerz auf 1555 m um 56 ₰. befördert wird, während früher per Axe ℳ. 1,20 bezahlt wurden. Einige Anhaltspunkte über die Transportkosten gibt nachstehende Berechnung über die Anlage- und Betriebskosten einer Bleichert'schen Drahtseilbahn der Zuckerfabrik Heilbronn. Dieselbe ist in der Länge von 1000 m über den Neckar weggeführt; sie stellt die Verbindung zwischen Bahnhof und Fabrik her und dient zum Transport von Rüben, Kohlen, Schnitzeln und Getreide. Die Anlagekosten berechnen sich inkl. Dampfmaschine von 6 P.S., Errichtung der beiden Stationen, Sockel, Pfeiler, Stützen, Seile und Transportwagen etc. auf 50000 ℳ. Die täglichen Betriebskosten sind bei zwölfstündiger Arbeit:

3 Ztr. Stückkohlen à ℳ. 1,10	ℳ. 3,30
1 Maschinenwärter	„ 3,50
Für Oel etc.	„ —,50
Für Laden und Entladen auf den Stationen täglich 1500 Meter-Ztr, 22 Mann à ℳ. 2,50	„ 55,—
Also tägliche Betriebskosten	ℳ. 62,30

Rechnet man an Zins 5 %, Amortisation und Reparatur 10 %, also zusammen 15 % aus dem Anlagekapital von 50000 ℳ., so treffen jährlich 7500 ℳ. Je nach der Zahl der jährlichen Arbeitstage berechnen sich dann die Quoten für Verzinsung etc., die Kosten des Arbeitstages und diejenigen für den Transport von 1000 kg auf die Entfernung von 1 km folgendermassen:

Zahl der jährl. Arbeitstage	Tägliche Betriebskosten	Tägliche Verzinsung	Gesamtkosten pro Arbeitstag	Transportkosten für 1000 kg pro km
50	ℳ. 62,30	ℳ. 150,—	ℳ. 212,30	ℳ. 1. 41,5 „
100	„ 62,30	„ 75,—	„ 137,20	„ — 91,5 „
150	„ 62,30	„ 50,—	„ 112,30	„ — 74,8 „
200	„ 62,30	„ 37,50	„ 99,80	„ — 66,5 „
250	„ 62,30	„ 30,—	„ 92,30	„ — 61,5 „
300	„ 62,30	„ 25,—	„ 87,30	„ — 58,2 „

Strebel.

Drahtseilbrücken, s. Kabelbrücken.

Drahtseile werden aus dünnen Drähten in derselben Art durch Zwirnen oder Zusammendrehen hergestellt, wie man die Hanfseile aus einer grösseren Anzahl von Garnsträngen anfertigt. Man wendet sie anstatt der früher ausschliesslich gebrauchten Hanfseile in der neueren Zeit vielfach, insbesondere in solchen Fällen an, wo eine grosse Tragfähigkeit gefordert wird oder wo ein Hanfseil nicht die genügende Dauer haben würde, wie z. B. im Freien oder im Wasser. Während die ersten von dem Oberbergrat Albert in Clausthal 1827 hergestellten Drahtseile zur Grubenförderung angewendet wurden (s. Förderseile), gebraucht man die Drahtseile in der neueren Zeit zu den verschiedensten Zwecken und zwar sowohl als laufendes, d. h. über Rollen geführtes und auf Trommeln zu windendes Tauwerk, wie auch als stehendes, z. B. für die Wanten der Schiffe, für Fähren und als Laufschienen für die Drahtseilbahnen. Die Drahtseile finden ferner ausgedehnte Verwendung für Aufzüge und Hebevorrichtungen, für Eisenbahnen bei dem Betrieb geneigter Ebenen, ferner bei den namentlich in Amerika sehr verbreiteten Kabelbahnen und als Ersatz der Ketten bei der Seilschleppschiffahrt. Zum Uebertragen grösserer Kräfte auf weite Entfernungen unter Umgehung der Wellenleitungen, bietet die Drahtseiltransmission ein bequemes Mittel. Zur Leitung des elektrischen Stromes, unterirdisch und unter Wasser, verwendet man in der Regel ein aus Kupferdrähten gedrehtes Seil, welches von einer isolirenden Schicht und über dieser von einer Hülle eiserner Drähte umgeben ist. Während in allen diesen Fällen die das Seil zusammen bildenden Drähte schraubenförmig um die Axe gewunden sind, werden die Tragseile für Hängebrücken aus parallel neben einander liegenden Drähten hergestellt, die durch einen Eisendraht zusammengehalten werden, welcher in dichten Schraubenwindungen darum gewickelt ist (Bündelseile). Das Zusammendrehen der Drähte in schraubenförmigen Windungen (Zusammenschlagen) hat denselben Zweck, den man bei dem Zwirnen von Garnfäden verfolgt, nämlich eine möglichst gleichmässige Beanspruchung aller einzelnen Drähte durch die auf das Seil ausgeübte Zugkraft zu erzielen, was bei parallel ausgespannten Drähten nur bei genau übereinstimmender Länge aller einzelnen Drähte und bei laufendem Tauwerk auch dann nicht erreichbar sein würde.

Infolge der schraubenartigen Windungen ist von jedem Drahte eine grössere Länge L erforderlich, als die Länge l des fertigen Seiles ist und man hat dafür die Beziehung $l = L \cos \alpha$, wenn α den Winkel bedeutet, welchen die gewundene Axe des Drahtes mit der geraden Axe des Seils bildet. In dieser Länge muss jeder einzelne Draht bei der Anfertigung des Seils zugeführt werden, damit nicht schon bei der Herstellung die einzelnen Drähte einer Dehnungsspannung unterworfen sind, um deren Betrag die nachherige nützliche Beanspruchung kleiner sein müsste. Es ist aus diesem Grunde nicht üblich, ein Seil nach dem Zusammendrehen noch einem Nachdrehen zu unterwerfen, wie es wohl bei hanfenem Tauwerk geschieht, um hierbei wegen des leicht zusammendrückbaren Materials eine möglichst gleichmässige Beanspruchung erst bei einer gewissen Belastung zu erhalten. Noch in einer andern Beziehung unterscheidet sich die Herstellung der Drahtseile von derjenigen der hanfenen; es muss nämlich dabei darauf geachtet werden, dass die einzelnen Drähte nicht bei dem Zusammendrehen in sich verdreht werden, damit hierdurch eine schädliche Torsionsspannung in ihnen vermieden werde, durch welche die zulässige Nutzlast ebenfalls verringert werden würde. Zu dem Zwecke sind die zur Herstellung der Drahtseile dienenden Maschinen mit einer entsprechenden Einrichtung zur Vermeidung der Torsion versehen, wie weiter unten angegeben ist.

Als Material für die Drahtseile verwendete man ursprünglich nur Eisendraht, während jetzt vorzugsweise Flussstahl und zäher Gussstahl mit einer Festigkeit von 115 bis 130 kg für den qmm gebraucht wird; für grössere Fördertiefen wählt man sogar Gussstahl mit einer Festigkeit von 160 und sogar 200 kg, in welchem Falle aber die Dauer wegen der geringeren Zähigkeit kleiner wird und grössere Seilscheiben in Anwendung gebracht werden müssen. Die Dicke der Drähte ist immer nur gering, insbesondere bei allem laufenden Tauwerke, weil eine grössere Drahtdicke auch grössere Scheiben erfordert, um die lediglich durch die Biegung des Seiles bei dem Auf- und Abwickeln hervorgerufene Spannung nicht übermässig gross werden zu lassen. Aus diesem Grunde pflegt man die Drahtdicke für Transmissionsseile in der Regel zwischen 1 und 2 mm zu wählen, während man bei kleinen Seilrollen für Aufzüge bis zu 0,5 mm Dicke des Drahtes herabgeht, wogegen man für Förderseile Drähte bis zu 3,4 mm Dicke und für stehendes Tauwerk noch stärkere Drähte in Anwendung bringt.

Man hat daher für eine bestimmte, auf das Seil wirkende Zugkraft S bei einer zu Grunde gelegten Drahtdicke δ die erforderliche Anzahl i Drähte zu bestimmen, wozu die Formel $4 \frac{S}{i \pi \delta^2} + \frac{3}{8} E \frac{\delta}{D} = k$ dienen kann, in welcher E den Elastizitätsmodul des Materials, D den Seilscheibendurchmesser in mm und k die zulässige Gesamtanstrengung des Materials für den qmm bedeutet. Ueber die Berechnung der Drahtseile für die Seiltransmission s. Drahtseiltrieb. Ausführliche Tabellen über die Gewichte und Bruchbelastungen verschiedener Drahtseile der Fabrik von Felten & Guilleaume in Mülheim a. Rh. finden sich in [1].

Hat man eine grössere Anzahl von Drähten zu einem Seile zu vereinigen, so kann dies nicht durch einfaches Zusammendrehen aller Drähte geschehen, weil dabei unvermeidlich einzelne Drähte mehr als andere nach der Mitte hin gedrängt werden würden, womit nicht nur eine unrunde Querschnittsform, sondern auch eine ungleichförmige Beanspruchung der einzelnen Drähte verbunden wäre. Man pflegt daher immer zuerst aus einer geringeren Zahl, in der Regel aus sechs Drähten, dünnere Schnüre, sogen. Litzen zu bilden und darauf wieder mehrere solcher Litzen zu dem gewünschten Seile zusammenzuschlagen. Für sehr starke Taue wiederholt man dieses Verfahren, indem man mehrere solcher Seile zu einem Tau vereinigt. Bei der Bildung der Litzen gebraucht man die Vorsicht, im Innern der Drähte einen Kern oder sogen. Seele aus einem weichen Material, in der Regel aus einer Hanfschnur bestehend, anzubringen, welche verhindert, dass einzelne Drähte zu weit nach innen gedrängt werden, so dass das Seil eine regelmässige runde Form annimmt. Durch die Einlage einer solchen Hanfseele, welche selbst zur Tragfähigkeit nicht beiträgt, wird zwar der Seildurchmesser grösser als ohne Seele: die Biegsamkeit wird aber nicht verringert. Eine Seele wendet man auch aus gleichem Grunde zwischen den Litzen an, wenn dieselben zu dem Seile vereinigt werden. Anstatt der Hanfeinlage kann man auch einen besonderen Draht als Seele benützen, und dies geschieht in der Regel, wenn das Seil einer starken Pressung von aussen ausgesetzt ist, z. B. durch Uebereinanderwickeln mehrerer Lagen. In diesem Falle verliert das Seil aber an Biegsamkeit. Bei der Anfertigung befolgt man allgemein die Regel, jede folgende Drehung in dem der vorhergegangenen entgegengesetzten Drehungssinne vorzunehmen, so dass die Litzen in dem Seile die Gestalt

rechts gewundener Schraubenlinien haben, wenn die Drähte in den Litzen wie linksgängige Schrauben ansteigen. Ohne diese Vorsicht würde man ein hartes und steifes Seil erhalten, welchem infolge der wiederholt nach derselben Richtung erteilten Drehung ein vermehrtes Bestreben inne wohnte, sich von selbst wieder aufzudrehen.

Hiernach sind die gebräuchlichen Seile je nach der Art ihrer Zusammensetzung sehr verschieden. In Fig. 1 bis 6 sind verschiedene Transmissionsseile und in Fig. 9 ist ein Förderseil dargestellt, wie es in dem Prospekt der Aktien-Gesellschaft für Seilindustrie in Mannheim enthalten ist. Man ersieht daraus, dass die Litzen je einen Draht als Seele enthalten, während eine Hanfseele nur für das Seil im Innern der Litzen angebracht ist. — Stehende Seile pflegt man vielfach in einer abweichenden, aus Fig. 7 und 8 ersichtlichen Art anzufertigen, indem man um einen in der Mitte angebrachten Draht als Seele die übrigen Drähte in einer oder in mehreren

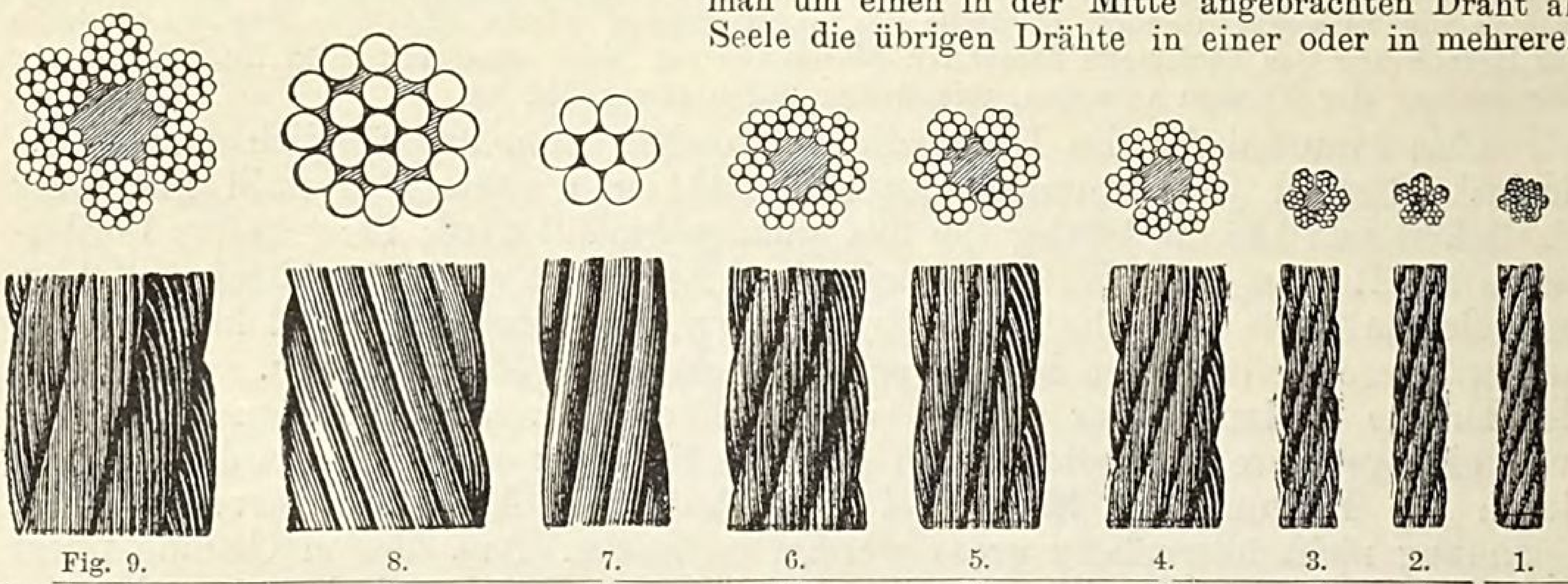


Fig. 9. 8. 7. 6. 5. 4. 3. 2. 1.

Durchm. 26 (Förderseil). 25 (Spiralseil). 15 (Fährseil). 18 16 15 (Transmissionsseile.) 7 6 5 mm

Schichten anordnet, wobei ebenfalls die Regel der Drehung abwechselnd nach entgegengesetzten Richtungen festgehalten wird; man bezeichnet solche Seile wohl als Spiralseile und benützt dieselben z. B. zur Leitung der Förderkörbe in Schächten, ferner als Laufseile bei den bekannten Luftseilbahnen sowie als Fährseile und zu ähnlichen Zwecken. Eine eigentümliche Anordnung zeigen die verschlossenen Seile von Felten & Guilleaume (Fig. 10). Hier ist der aus einer Hanfseele und sechs Drähten bestehende Kern zunächst mit einer Schicht sektorenförmiger Drähte umsponnen, über welcher sich dann eine äussere Schicht von Drähten in entgegengesetzter Windung und von solchem Querschnitte befindet, dass jeder Draht den benachbarten teilweise überdeckt. Dadurch wird nicht nur eine sehr glatte Oberfläche erzielt, sondern auch das Heraustreten der Drahtenden bei allfälligem Reissen eines der Drähte wirksam verhindert. In welcher Art die verschiedenen für die Elektrotechnik dienenden Kabel hergestellt sind, ist unter Bleikabel und Kabel nachzusehen.

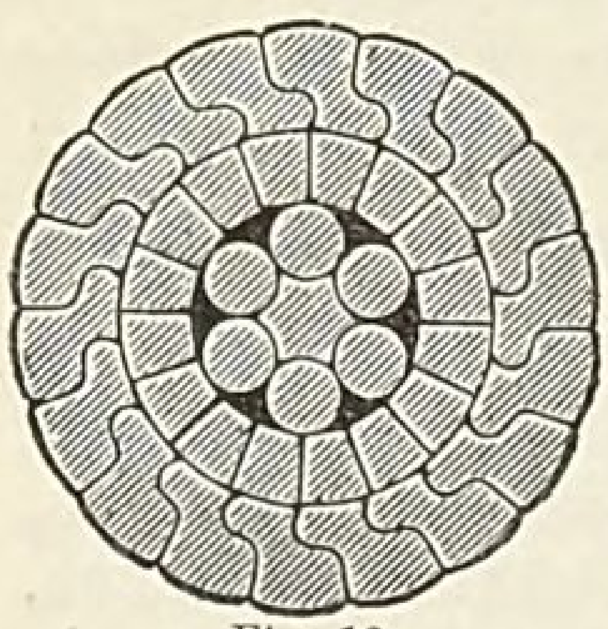


Fig. 10.

Die ersten Drahtseile stellte Albert mit sehr einfachen Geräten durch Handarbeit auf der Seilerbahn her; in neuerer Zeit werden die Litzen sowohl wie aus diesen die Seile immer mit Hilfe von Maschinen angefertigt, wie sie zuerst von Wurm in Wien ausgeführt und nachher von anderen vielfach verbessert worden sind. Der Draht wird dabei auf ebenso viele Spulen gewickelt, als Drähte in einer Litze enthalten sein sollen, und von allen diesen Spulen wird der Draht in der Litzenmaschine gleichmässig abgezogen und zu einer Litze zusammengedreht, die auf eine Trommel oder Spule gewickelt wird. So viel solcher Trommeln, als das Seil Litzen erhalten soll, werden dann der Seilschlagmaschine vorgelegt, die in ähnlicher Weise die Litzen zum Seile vereinigt, wie in der Litzenmaschine die Drähte zur Litze zusammengedreht werden. Die beiden hier genannten Maschinen stimmen in Betreff ihrer Wirkungsart wie auch hinsichtlich ihrer Einrichtung im wesentlichen überein, so dass man auch die Litzenmaschine zum Seilen verwenden kann, was aber in der Regel nicht geschieht. Meistens hat man besondere Maschinen zur Bildung der Litzen und zum Seilen, welche Maschinen man auch hinter einander in demselben Gestell zu einem Ganzen vereinigt, so dass von ihnen gleichzeitig die Litzen gebildet und zu einem Seile vereinigt werden. Man hat diese Maschinen sowohl stehend wie liegend angeordnet, für die gedachte Vereinigung der Litzen und Seilmaschine empfiehlt sich die liegende Anordnung, weil bei der stehenden die erforderliche Höhe unbequem gross ausfallen würde.

In Fig. 11 ist eine Seilschlagmaschine aus der Maschinenfabrik von G. Stein in Berlin gezeichnet, welche mit 18 Spulen für ebenso viele Litzen versehen ist, von denen man natürlich auch beliebig viele ausser Wirkung setzen kann. Jede dieser mit den vorher gefertigten Litzen gefüllten Spulen *a* ist in einem schmiedeeisernen Rahmen *b* drehbar angebracht und die sämtlichen Rahmen sind zwischen den beiden Scheiben *c* und *d* gelagert, welche fest auf der Axe *e* befindlich sind, sich also mit dieser Axe umdrehen, wenn dieselbe durch den auf die feste Scheibe *f* geführten Riemen in Bewegung gesetzt wird. Von den einzelnen Spulen, welche der besseren Anordnung wegen in zwei Reihen angebracht sind, gehen die Litzen durch Löcher in dem vorderen Ringe *d* genau in der Axenrichtung der Rahmen *b* und bei *g* vereinigen sich sämtliche Litzen genau in der Richtung der Hauptaxe *e* zu dem Seile, indem sie durch die Drehung der Spulen um diese Axe schraubenförmig mit einander vereinigt und um eine Seele gewunden werden, welche man der zu dem Ende hohl gemachten Axe am hinteren Ende bei *h* zuführt. Um das in solcher Weise bei *g* sich bildende Seil fortwährend in gehöriger Weise anzuziehen, ist das Seil in einigen Windungen um die Anzugscheibe *k* geschlungen und hierauf nach der Trommel *l* geführt, auf welche es sich in dem Masse aufwickelt wie es entsteht. Zum Anzug wird die Scheibe *k* langsam gedreht, indem eine der Länge nach unter der Maschine gelagerte Hilfswelle *i*, die von *e* aus durch Stirnräder *n* angetrieben wird, das auf der Axe der Scheibe *k* befestigte Zahnrad *m* umdreht.

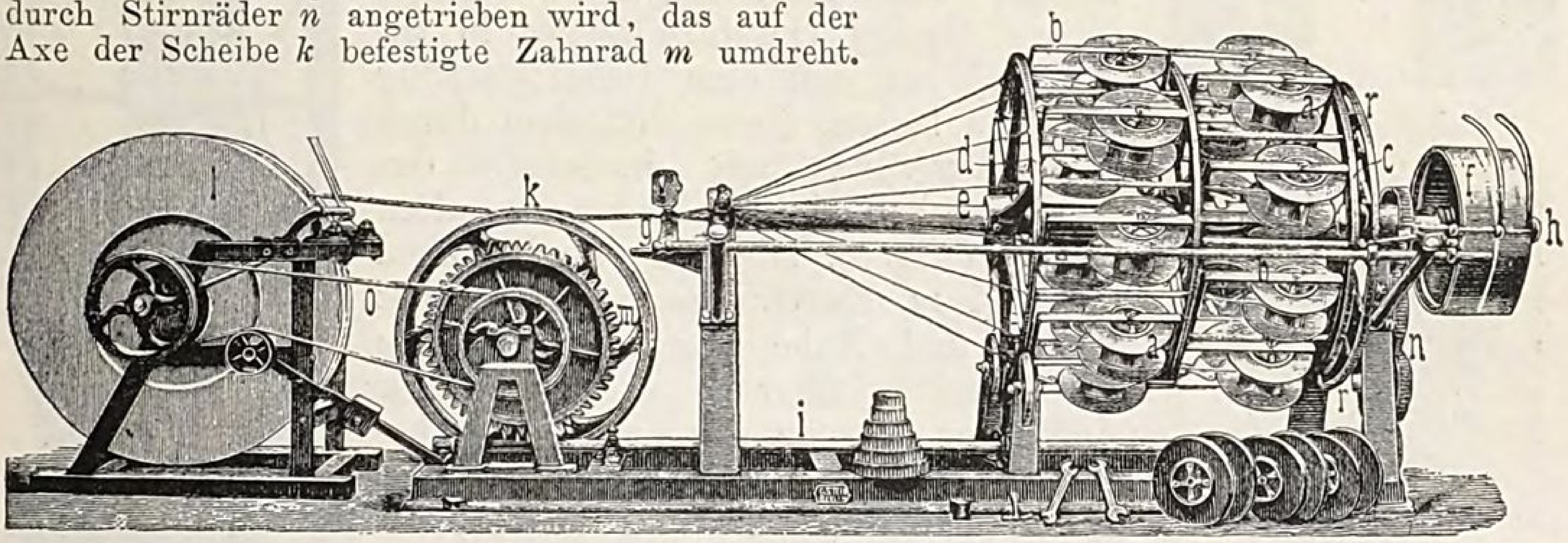


Fig. 11. Seilschlagmaschine mit 18 Rollen.

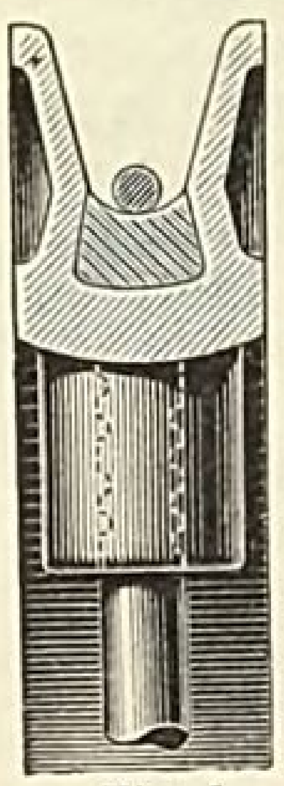
Vermöge dieser Anordnung muss der Umfang der Anzugscheibe *k* sich bei jeder vollen Umdrehung der Axe *e* mit den Spulen genau um einen bestimmten Betrag *s* drehen, dessen Grösse man vermittelst der zum Auswechseln eingerichteten Stirnräder *n* beliebig verändern kann. Hierdurch hat man die gewünschte Neigung der Schraubenlinien in der Hand, welche die Litzen gegen die Axe des Seiles haben sollen, denn die Steigung oder Ganghöhe dieser Schraubenlinie ist offenbar gleich derjenigen Grösse *s*, um welche das Seil durch die Anzugscheibe *k* in der Zeit einer vollen Umdrehung der Axe *e* angezogen wird. Um das so gebildete Seil stetig aufzuwinden, wird die Trommel *l* durch einen Riemen *o* von der Axe der Anzugscheibe *k* aus umgedreht, so dass eine allmälich eintretende Vergrösserung des Aufwickelungshalbmessers ohne Einfluss auf die Aufwickelung bleibt, indem dann der Riemen entsprechend auf den Scheiben schleift. Um zu vermeiden, dass die Drähte einer Verdrehung in sich ausgesetzt werden, dient folgende Einrichtung. Die Spulenrahmen *b* sind nicht unwandelbar fest mit der Scheibe *c* verbunden, sondern mittelst Zapfen drehbar in derselben gelagert. Jeder dieser Zapfen ist neben der Scheibe *c* mit einem Kurbelarme versehen, der an seinem andern Ende einen Kurbelzapfen trägt. Alle diese Arme haben gleiche Länge *l* und sind auch parallel zu einander gestellt. In dieser parallelen Lage werden sie fortwährend dadurch erhalten, dass die erwähnten Zapfen der Kurbelarme ihre Lager in einem kreisförmigen Ringe *r* finden, welcher an dem Gestell der Maschine drehbar und zwar zur Axe *e* um die Länge *l* der Kurbelarme exzentrisch angebracht ist. Durch diese Anordnung von einem System Parallelkurbeln wird erreicht, dass die Spulen während der Umdrehung mit der Scheibe *c* stets ihre Lage im Raume unverändert beibehalten, so dass also der von einer solchen Spule ablaufende Draht einer Verdrehung in sich nicht unterworfen ist.

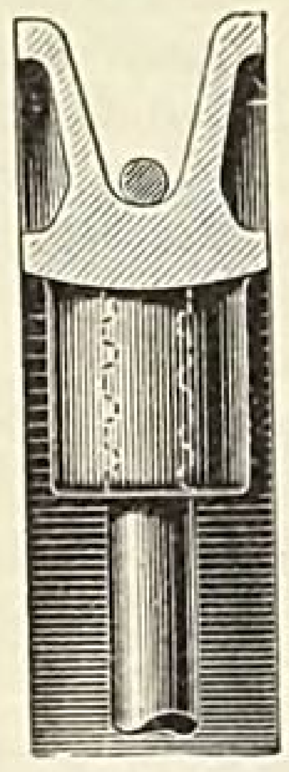
Da die Seile bei dem Umbiegen um Trommeln einen um so grösseren Widerstand darbieten und um so grössere Trommeldurchmesser erfordern, je dicker sie sind, so hat man Förderseile vielfach als f l a c h e ausgeführt, d. h. ihnen einen bandförmigen Querschnitt und zwar dadurch erteilt, dass man mehrere Rundseile dicht neben einander zu einem Seile von rechteckigem Querschnitte verbindet, wodurch man die Tragfähigkeit des einfachen Seiles entsprechend vervielfacht, ohne die Dicke und damit den Biegungswiderstand zu vergrössern. Man verbindet die neben einander liegenden Seile zuweilen durch der Quere nach hindurchgezogene dünne Schrauben oder Nieten, häufiger aber durch einen in Zickzackgängen schräg durch alle Seile hindurchgeführten Nähdraht. Damit das Bandseil durch die an ihm hängende Last keiner Drehung ausgesetzt werde, pflegt man es aus Rundseilen zusammenzusetzen, die abwechselnd nach entgegengesetzten Richtungen gedreht sind. Die fertig geschlagenen Seile erhalten zur Verhütung des Rostens in der Regel einen Anstrich mit Teer oder einem sonst

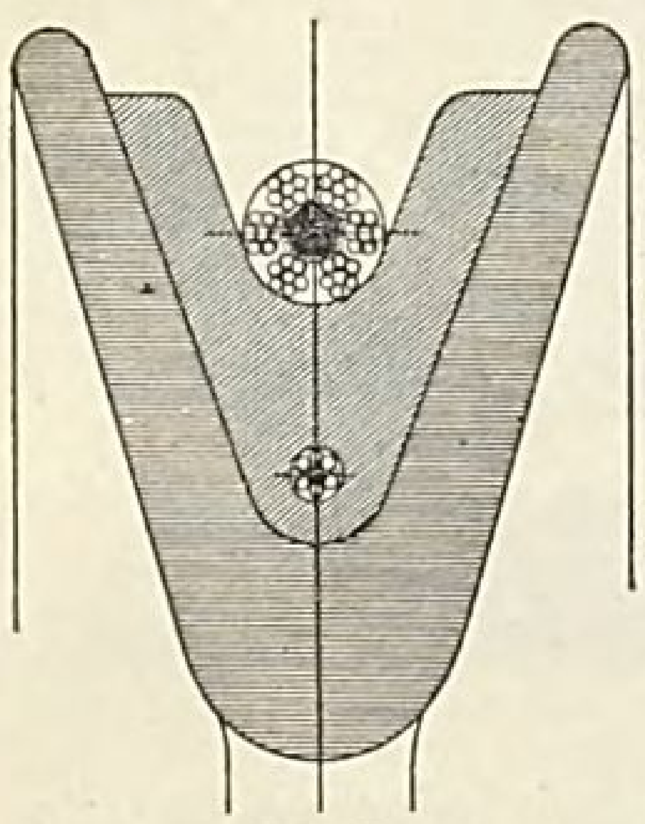
geeigneten Stoffe; zuweilen werden auch die Drähte zu demselben Zwecke vor dem Zusammenschlagen verkupfert oder verzinkt.

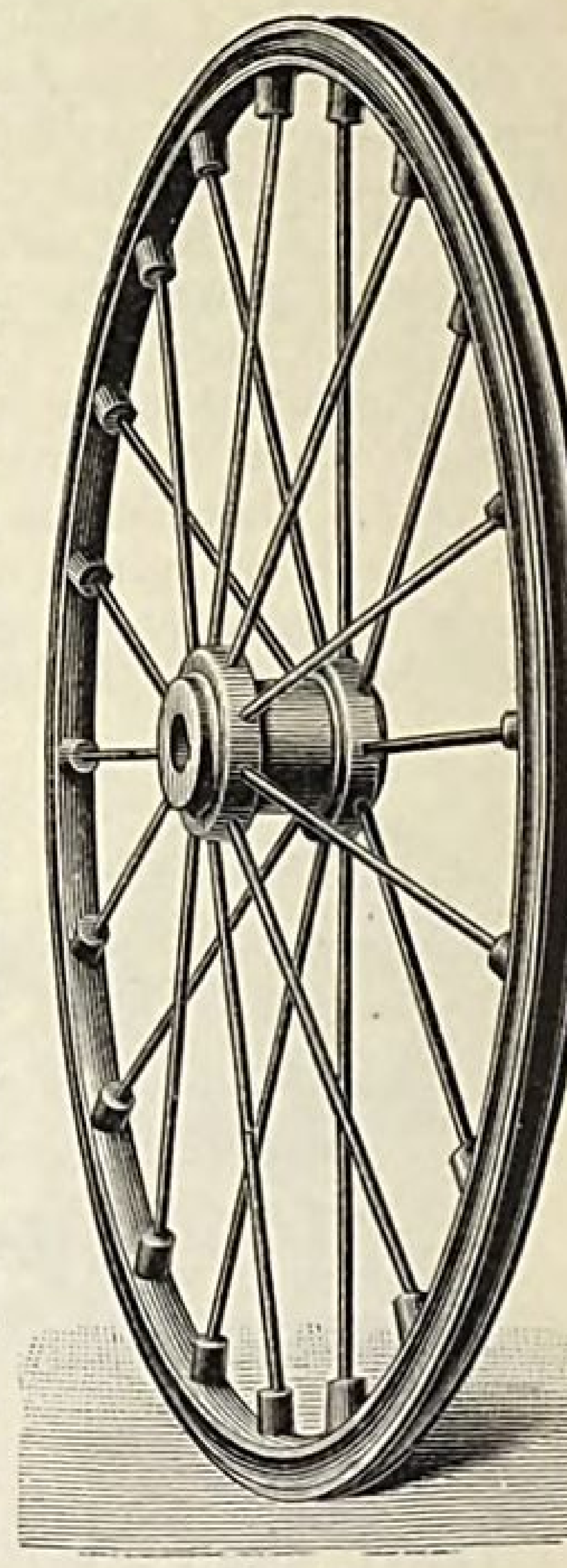
Litteratur: [1] Taschenbuch der Hütte, 15. Aufl., Berlin 1893. *Herrmann.*

Drahtseilscheiben erhalten den 175fachen, mindestens aber den 150fachen Seildurchmesser, Tragrollen $^3/_4$ so gross, sind möglichst zu vermeiden. Die gebräuchlichen Durchmesser betragen zwischen 500 mm (nur für höchstens 13 mm Seildurchmesser) und 3500 mm (für mindestens 14 mm Seildurchmesser). Der Kranz (Fig. 1—3) erhält, wenn der Betrieb nicht nur ein zeitweiliger ist, eine Ausfutterung (Fig. 1) von Lederstückchen, ausgestanzt aus alten Riemen, deren letzte eingeleimt werden. Georg Heckel (Drahtseilfabrik in St. Johann) hat sich eine Lederfutterung schützen lassen, deren Blättchen durch eine Drahtlitze mit innerhalb des Kranzes befestigten Enden gehalten werden (Fig. 3). Die Arme für Scheiben unter 1 m Durchmesser werden mit Kranz und Nabe zusammengegossen; für Scheiben über 1 m Durchmesser sind eingegossene Rundeisenarme beliebt (Fig. 4). Geteilte Scheiben (über 2,8 m Durchmesser und solche, die sich leicht auf die Wellen bringen lassen sollen) kosten etwa 15 % mehr als ungeteilte. Zur Befestigung werden Tangentialkeile empfohlen, weil diese die Scheiben nicht schief gegen die Welle spannen. Schlingernde oder ungenügend ausgewuchtete Scheiben würden die Anlage bald verderben. *Lindner.*


Fig. 1.


Fig. 2.


Fig. 3.


Fig. 4.

Drahtseiltrieb wirkt nur bei grosser Axenentfernung gut, nicht weil das Gewicht eines kurzen Seiles zu gering wäre, um genügende Reibung auf den Scheiben zu erzielen, sondern weil das Drahtseil nicht so elastisch ist wie ein Riemen, Baumwoll- oder Hanfseil, und darum die bei jedem Betriebe fortwährend auftretenden Kraftschwankungen nur vermöge veränderlicher Durchhängung aufnehmen kann, vermöge geringer vertikaler wellenförmiger Bewegungen, die sich nur bei gehöriger Länge des schwebenden Seiles und nicht zu straffer Anspannung, ohne schädlich zu wirken, im Seile ausbilden können. Bei kleinen Kräften soll die Axenentfernung der Drahtseilscheiben mindestens 15—25 m, bei grossen Kräften mindestens 30—50 m betragen. Andernfalls ist ein ein- oder zweimaliger Hanfseiltrieb vorzuziehen. Dagegen geht man nicht über 120—170 m und verwendet bei grösseren Entfernungen mehrere Seile mit zweirilligen Zwischenrollen, womöglich mit gleicher Länge der einzelnen Seile (bei etwa 100 m Axenentfernung). — Der Wirkungsgrad ist für 100 m gegen 96 %, für 1000 m gegen 90 %. Die Geschwindigkeit der Seile richtet man ein: für kleine Kräfte etwa 10 m/s, für mittlere 15—20, für grosse 20—30 m/s.

Die Zugkräfte im Seil sind, wenn P kg Umfangskraft von Scheibe zu Scheibe übertragen werden, $T = 2P$ im straffen Trum und $t = P$ im losen Trum als Mittelwerte wie beim Riementrieb anzunehmen. Die Spannung der Drähte durch die Kraft T kg beträgt 500—600 kg/qcm. Aus der Festigkeitsgleichung

$$T = 2P = f \cdot s = i\,\frac{\pi\,\delta^2}{4} \cdot s$$

ergibt sich das erforderliche Drahtseil (s. d. Tabelle). Die Spannung im losen Trum, entsprechend der Kraft t kg, ist halb so gross als s. Zu der Betriebsspannung s kommt noch, gleich gross für beide Seilläufe, die Spannung s_0, welche durch die Zentrifugalkraft der um die Scheiben gebogenen Seilstücke hervorgerufen wird. Diese beträgt (wie bei den schnelllaufenden Riemen) $s_0 = 0{,}01\,\gamma\,v^2$; z. B. für $\gamma = 9{,}5$ und $v = 20$ m|s ist $s_0 = 0{,}01 \cdot 9{,}5 \cdot 20^2 =$ rd. 40 kg/qcm. Ferner kommt dazu, allerdings nur innerhalb der über die Scheiben D gebogenen Seilstücke, eine Biegungsspannung s_b, die wegen der Windung der Drähte δ im Seil schwer zu bestimmen ist. Nach dem Elastizitätsgesetz wäre $s_b : E = \delta : D$; setzt man hierbei den

Elastizitätsmodul E, wie er für das Seil (nicht für den Draht) gilt, mit etwa 700 000 und z. B. $\delta : D = 1{,}8 : 3500 = 1 : 1940$, so wird $s_b = 360$ kg/qcm. Die höchste Zugspannung im Seil erreicht hiernach beispielsweise den Wert $s + s_0 + s_b = 600 + 40 + 360 = 1000$ kg/qcm. Die Bruchfestigkeit des Drahtes ist aber nach dem Taschenbuch der Hütte, 15. Aufl., Berlin 1893, I, S. 314:

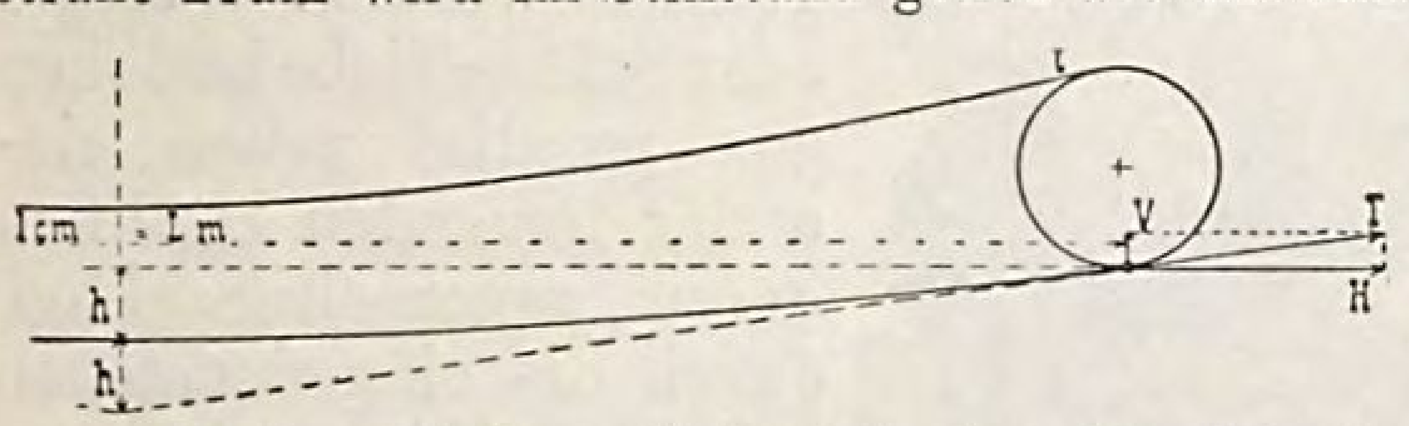
	bei 1 mm Durchmesser ungeglüht	bei 1 mm Durchmesser geglüht	bei 2 mm Durchmesser ungeglüht	bei 2 mm Durchmesser geglüht
Stahldraht	9000	5100	7700	4900
bester Eisendraht	8000	3700	7200	3500
gewöhnlicher Eisendraht . .	6900	3500	4700	3200

Die Verbindung der Seilenden erfolgt durch Spleissung, wozu 3—6 m Seillänge zuzugeben sind. Seilschlösser sind nicht beliebt. — Die S e i l k u r v e wäre, wenn das Seil widerstandslos biegsam wäre, eine Kettenlinie. Einfacher berechnet man sie statt dessen als Parabel. Als solche würde sich auch mathematisch die Durchhängungskurve ergeben, wenn die Belastung über die Horizontalprojektion statt über die (etwas schräg laufende) Länge des Seiles gleichmässig wäre.

Bei horizontalem Seilbetrieb von der Spannweite l cm oder L_m ist die Durchhängung h zu ermitteln (s. Fig.). Trägt man h nochmals nach unten auf, so erreicht sie gerade die Verlängerung der im Aufhängungspunkte an die Parabel gelegten Tangente T. Wegen der Aehnlichkeit der Dreiecke ist $2h : l/2 = V : H$, wobei die konstante Horizontalkraft H durch die bekannte Zugkraft $T = fs$ ersetzt werden mag. Die Vertikalkomponente V ist gleich dem Gewicht des Seilstückes vom Aufhängungspunkt bis zur tiefsten Stelle, also angenähert $V = f \frac{l}{2} \gamma$ mit $\gamma = \frac{9{,}6}{1000}$ kg/ccm. Durch Einsetzung dieser Werte in die Proportion folgt:

$$h = \frac{l\,V}{4H} = \frac{l \,.\, f l \gamma}{4 \,.\, 2 f s} = \frac{l^2 \gamma}{8 s} = \frac{9{,}6\, l^2 \text{cm}}{8 \,.\, 1000 \,.\, s} = \frac{12\, l^2 \text{cm}}{10\,000\, s} = \frac{12 L^2 \text{m}}{s}$$

z. B. wird bei $L = 100$ m das straffe Trum mit $s = 600 + 40 = 640$ auf $h = 188$ cm, das lose mit $s = 300 + 40 = 340$ auf $h = 350$ cm durchhängen; bei $L = 50$ m nur je $\frac{1}{4}$ so viel. Das straffe Trum wird im Stillstand gleich wie das andere mit $s = \frac{600 + 300}{2} = 450$ auf $h = 270$ cm bei 100 m Spannweite durchhängen. Die Länge in cm eines Trums von l cm Spannweite und h cm Durchhängung ist $l + \frac{8}{3} \frac{h}{l} h$, womit die Länge des ganzen Seiles zu berechnen ist.



Bei schiefem Seiltrieb ist die Kraft am oberen Aufhängungspunkt so viel grösser als am unteren, als das Gewicht eines Seilstückes von der Höhendifferenz beider Rollen ausmacht. Legt man eine Parabel durch die gegebenen Aufhängepunkte, deren Scheitel (in erster Linie beim straffen Trum) ausserhalb des unteren Punktes fallen kann, so lassen sich vom Scheitel aus beide Zweige einzeln berechnen wie vorher. Ist das Seil zu kurz bemessen, so wird seine Spannung gleich wesentlich grösser; ist es zu lang oder im Betrieb länger geworden, so hängt es mehr durch unter Abnahme der Spannung und muss — aber nicht zu häufig! — verkürzt werden.

Drahtseile bestellt man — ebenso wie Drahtgurte — nach Verständigung mit der Fabrik, weil die Anzahl und Stärke der Drähte Herstellungsrücksichten unterworfen sind, die hauptsächlich ein richtiges Zusammenlegen der Drähte zu runden Litzen und der Litzen zu runden Seilen betreffen. In die Mitte als „Seele" nimmt man bei Transmissionsseilen Hanf (s. D r a h t s e i l e). Die Litzen selbst erhalten nach Erfordernis Hanf- oder Drahtseele. Als Seilquerschnitt f berechnet man die Summe der Querschnitte $^1/_4\, \pi \delta^2$ der i einzelnen Drähte des

Seil-Dm. d mm	Draht-Dm. δ mm	Anzahl der Drähte i	Gewicht für 1 m G kg/m	Querschnitt der Drähte f qcm	Normaler Scheiben-Dm. D m	Zulässige Umfangskraft P kg
9	1	36	0,26	0,28	1,6	70
10	1	42	0,31	0,33	1,75	90
11	1,2	36	0,38	0,40	1,9	110
12	1,2	42	0,45	0,47	2,1	130
13	1,4	36	0,51	0,55	2,3	150
14	1,4	42	0,61	0,63	2,5	175
15	1,4	48	0,70	0,74	2,6	200
16	1,6	42	0,79	0,84	2,8	240
18	1,6	48	0,91	0,96	3,2	275
20	1,8	48	1,15	1,22	3,5	350
22	1,8	54	1,30	1,37	3,9	400
24	1,8	60	1,46	1,52	4,2	450
26	2	60	1,80	1,88	4,5	550
28	2	66	2,00	2,07	4,9	600
30	2	72	2,20	2,25	5,2	650

Seiles. Will man auf diesen Querschnitt das spez. Gew. γ des ganzen Seiles beziehen, so muss man dasselbe, um auf das richtige Gewicht für das laufende Meter zu kommen, höher ansetzen als für das Drahtmaterial wegen der Windung der Drähte und der Einrechnung der Hanfseele, sowie der Schmiere, und zwar steigend mit der Seilstärke zu 9,4—9,8 kg/cdm. Die Tabelle S. 399 über Triebwerkseile gibt einigen Anhalt zur Wahl eines Seiles.

Preis eines Seiles von Holzkohleneisendraht etwa 1 ℳ/kg, von Gussstahldraht, blank oder verzinkt, etwa 1,50—2 ℳ/kg. *Lindner.*

Drahtsiebe werden zum Trennen grösserer und kleinerer, durch einander liegender fester Körper sowie zum Absondern fester Körper von Flüssigkeiten vielfach verwendet und zwar als Handsiebe in der bekannten einfachen Form mit einem hölzernen Siebrande, oder als Maschinensiebe in einen viereckigen Rahmen gespannt, bei den Papiermaschinen und gewissen neueren Erzaufbereitungsmaschinen auch als endlose Metalltücher. Die gröbsten Siebe, wie sie z. B. als Wurfgitter zum Absondern von Sand und Erde gebraucht werden, sind meistens geflochten oder gestrickt, in der Art, wie die zu Einfriedigungen dienenden Drahtmaschengitter hergestellt sind. Auch verwendet man für diese und ähnliche Zwecke wohl die sogen. gestreckten Siebe, die aus einzelnen schraubenförmig gewundenen Röhrchen aus Draht bestehen, welche in einander gehängt und durch darauf folgendes Strecken flach gezogen werden. Gelegte oder Stängelsiebe bestehen aus parallel neben einander liegenden Drähten, deren gegenseitige Lage durch die eingeflochtenen Bindedrähte gesichert wird; in dieser Art waren die ehemals bei der Herstellung des Büttenpapiers gebräuchlichen Formen ausgeführt. Die meisten Drahtsiebe, insbesondere alle feineren, sind gewebt, und zwar meistens nach Art des gewöhnlichen glatten oder leinwandartigen Gewebes, obwohl man auch dreischäftige Köpergewebe aus Draht für Velinpapierformen anfertigt; auch gazeartig gewebte Drahtsiebe kommen vor, wenn es sich um möglichste Unverschieblichkeit der Ketten und Schussfäden handelt (s. Weberei). Als Material zu den Drahtsieben verwendet man meistens Eisen- oder Messingdraht, zuweilen auch Kupfer oder Bronze, und zwar je nach dem Zwecke im ausgeglühten Zustande oder ungeglüht. Dass man Drahtsiebe, insbesondere gewebte, zuweilen zu mancherlei Gegenständen presst, ist bereits in dem Art. Drahtarbeiten angeführt. Besonderes Interesse bietet nur die Anfertigung der gewebten Siebe. Man stellte die Siebböden in früherer Zeit auf dem sogen. Drahtbodenstuhle her, einer einfachen Vorrichtung, bei welcher die Kettendrähte in einer senkrechten Ebene ausgespannt waren, und die Einschlagdrähte derartig ab- und wieder zunehmende Länge hatten, dass die kreisrunden Siebböden entstanden. Neuerdings dürfte diese veraltete Einrichtung kaum noch angewendet werden, man erzeugt vielmehr auf dem Webstuhle die Drahtsiebe in längeren Stücken von verschiedener, bis zu etwa 2 m steigender Breite und schneidet etwa benötigte Siebböden aus denselben heraus. Die zum Weben angewendeten Webstühle stimmen im wesentlichen mit den für Leinwand gebräuchlichen überein.

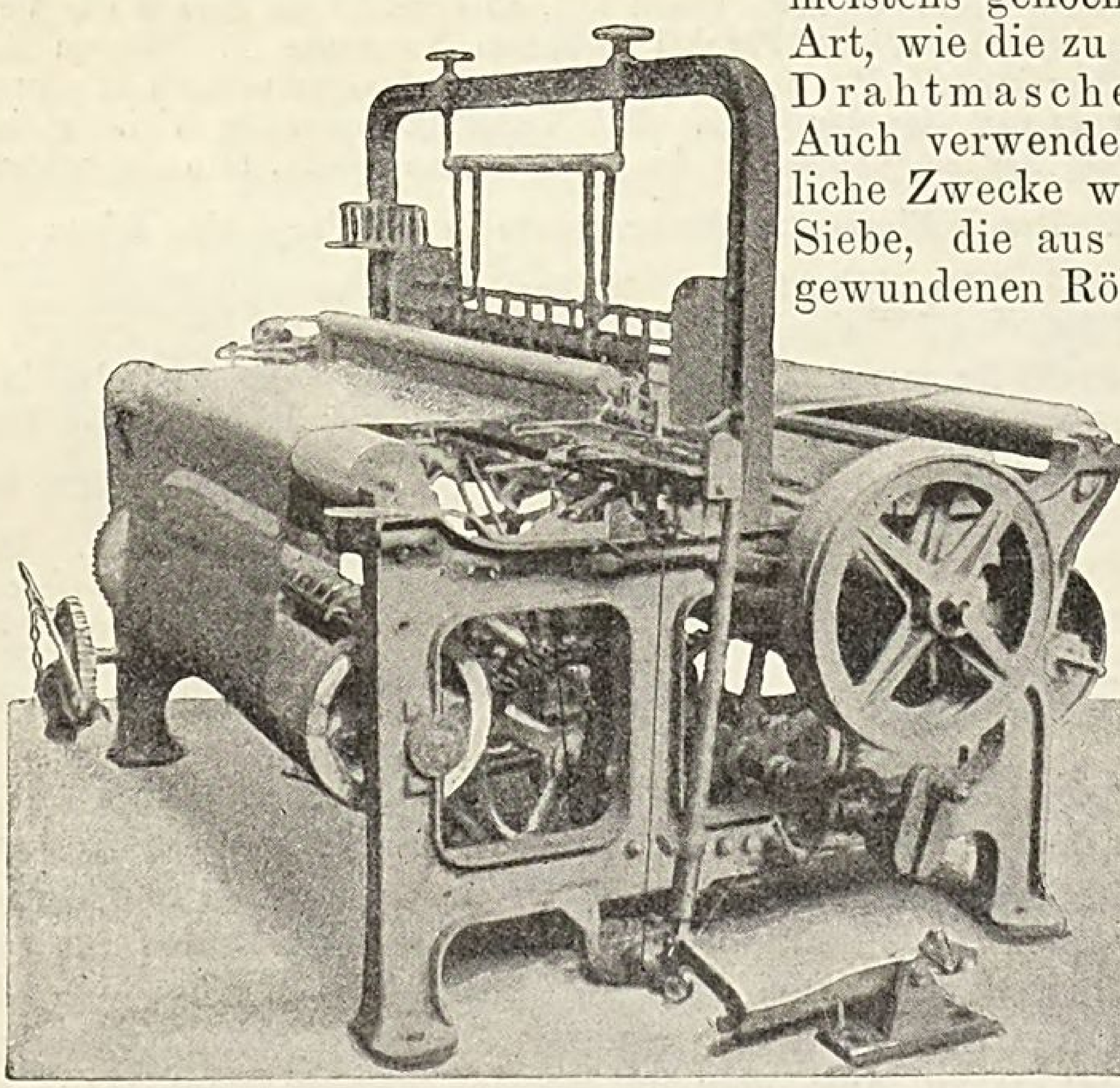


Fig. 1.

Fig. 1 stellt einen Stuhl der Maschinenfabrik von Cäsar Schulz in Pössneck (Thüringen) mit wagrecht ausgespannter Kette vor, wie sie für die feineren Gewebe angewendet werden. Es kann darauf Draht in Stärken von 0,1 bis 0,35 mm gewebt werden und zwar in verschiedener Maschenweite, so dass zwischen 58 bis 4 Einschüsse auf 1 cm entfallen. Die Einrichtung ist so getroffen, dass die Lade jeden Schuss entweder nur einmal anschlägt, wobei in der Minute 60 Einschläge gemacht werden oder dass jeder Einschlagdraht zwei Schläge erhält, in welchem Falle minutlich 30 Einschläge gegeben werden. Die Leistung eines solchen Stuhles, dessen Kraftbedarf zwischen $^1/_4$ und 1 Pferdekraft schwankt, beziffert sich bei 1,3 m Breite des Gewebes je nach dessen Dichtigkeit zwischen 3 und 30 m in 10 Stunden.

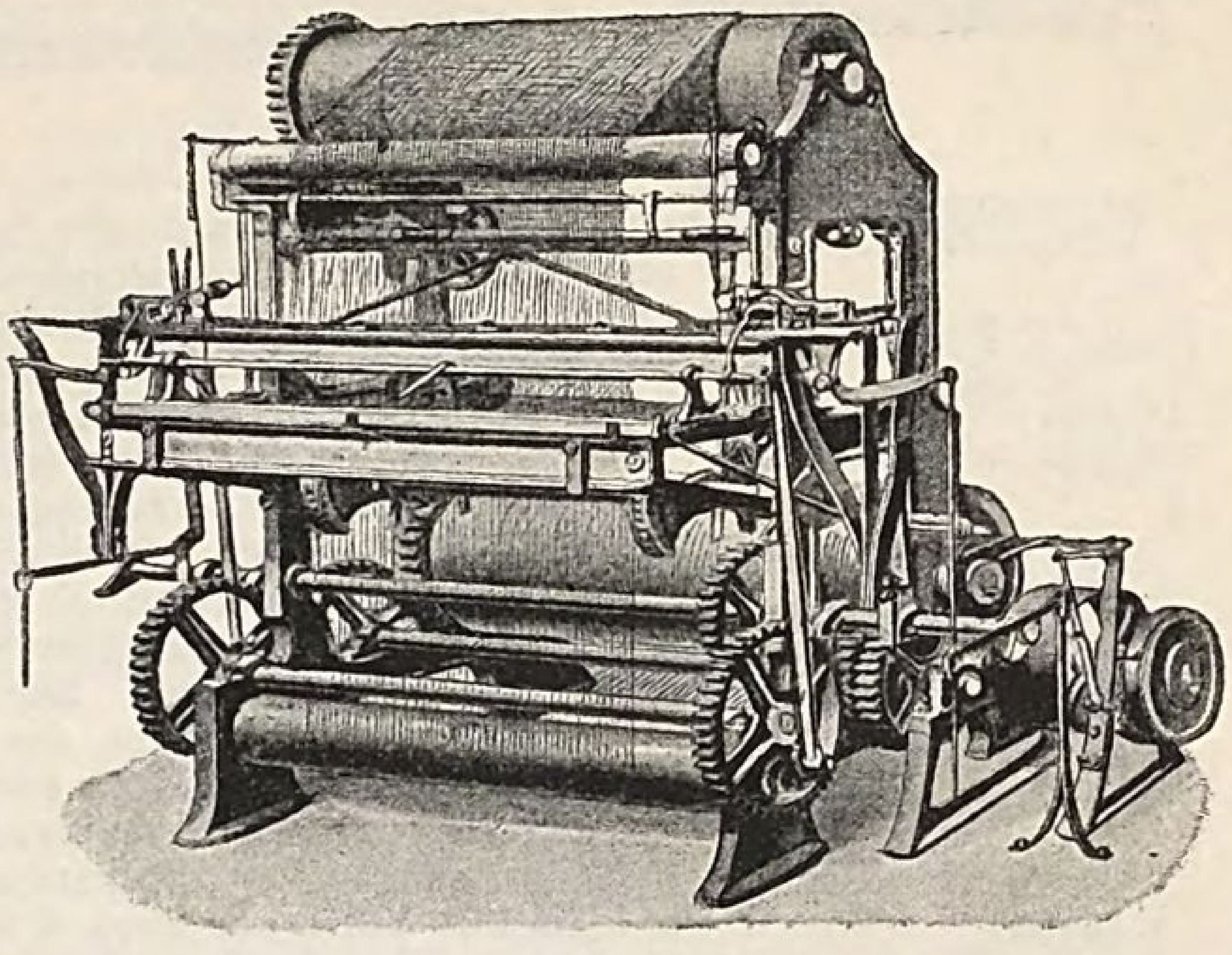


Fig. 2.

In Fig. 2 ist ein mechanischer Drahtwebstuhl derselben Firma mit senkrecht ausgespannter Kette dargestellt, wie solche Stühle insbesondere für mittelstarke und ganz schwere Gewebe und 0,5 bis 3 mm Drahtstärke in Anwendung sind. Die Anzahl der in der Minute eingetragenen Schüsse beträgt hier je nach der Drahtstärke zwischen 18 und 26, die Leistung in 10 Stunden zwischen 4 und 15 m, der Kraftbedarf steigt bis zu 2 Pferdekräften.

Die erzeugten Drahtgewebe sind in Betreff ihrer Feinheit ausserordentlich verschieden, je nach der Dicke der Drähte und deren Entfernung von einander. Man bezeichnet die Feinheit der Siebe in der Regel durch Nummern, ohne dass indessen eine Uebereinstimmung in der Bedeutung dieser Nummern an den verschiedenen Erzeugungsstellen vorhanden wäre. Die meist gebräuchlichen Sorten enthalten wohl zwischen 1 und 48 Drähte auf der Länge von 1 cm, so dass die Anzahl der Maschen oder Oeffnungen für 1 qcm zwischen 1 und 2304 beträgt. Die aus Messingdraht hergestellten Siebe von Mehlmaschinen enthalten bis 65 einzelne Drähte in 1 cm, und zur Prüfung der Feinheit von Zement dient in der Regel ein Normalsieb, das in 1 qcm 5000 Maschen enthält, was einer Anzahl von etwa 70 Drähten auf 1 cm entspricht. Unter Umständen hat man sogar noch feinere Drahtsiebe hergestellt; doch sind dies Ausnahmsleistungen zu ganz besonderen Zwecken, z. B. für Ausstellungen etc. *Herrmann.*

Drahtstifte, Drahtstiftenfabrikation. Drahtstifte (auch Pariser Stifte) heissen die aus Draht hergestellten Nägel, welche zur Verbindung leichterer Holzarbeiten, z. B. Kisten, eine vielfache Verwendung finden. Von den gewöhnlichen Nägeln unterscheiden sich die Drahtstifte dadurch, dass sie nicht wie diese im Schafte keilförmig, sondern durchweg von derselben Dicke sind, und zwar meistens von cylindrischer Gestalt, wenn auch ausnahmsweise drei- oder vierkantige Drahtstifte vorkommen (Fig. 10). Infolge dieser geraden Form ist zum Einschlagen eines Drahtstiftes das Vorbohren eines Loches, wie die Nägel es erfordern, in der Regel nicht nötig; andererseits gewähren aber auch die Drahtstifte nicht dieselbe Haltbarkeit gegen das Herausziehen, wie die das Holz keilförmig aus einander treibenden Nägel. — Ueber die Haltbarkeit der Nägel und Drahtstifte findet man nähere Angaben in [1], Bd. 1, unter Holzverbindungen.

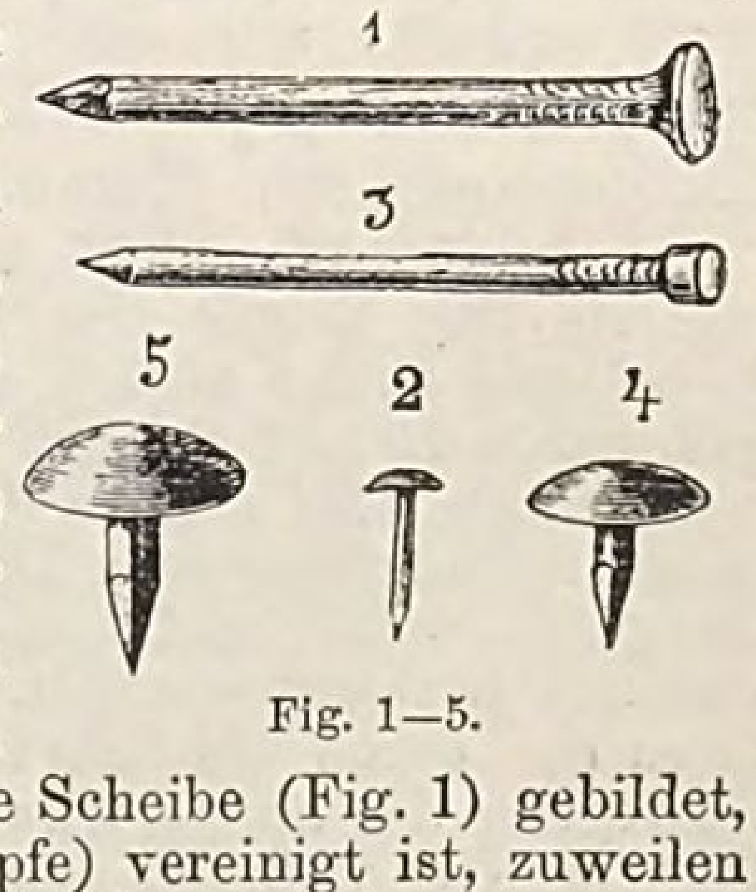


Fig. 1—5.

Der Kopf der Drahtstifte ist meistens durch eine flache, ebene Scheibe (Fig. 1) gebildet, die mit dem Schafte durch einen kegelförmigen Hals (versenkte Köpfe) vereinigt ist, zuweilen ist der Kopf oberhalb kugelförmig begrenzt (runde Köpfe, Fig. 2), für manche Zwecke auch cylindrisch wie in Fig. 3. Schuh- und Sohlenstifte (Fig. 4 u. 5) haben breite runde Köpfe, während die Absatzstifte (Fig. 6 u. 7) ganz ohne Köpfe gefertigt werden. Hierher gehören auch die runden, ohne Kopf gebildeten Klavierstifte zum Aufspannen der Klaviersaiten, sowie die an beiden Enden mit Spitzen versehenen Verbandstifte. Die Spitzen der Drahtstifte waren ehedem, als die Herstellung noch durch Handarbeit vermittelst des Schleifens geschah, immer rund, während heute, wo man sich zur Anfertigung fast ausnahmslos der Maschinen bedient, die Spitzen gepresst werden und entweder die Form



Fig. 6—7.

vierseitiger Pyramiden haben oder flach zugeschärft sind, wie in Fig. 8 und 9. Hinterhalb des Kopfes zeigt der Schaft des Drahtstiftes in der Regel mehrere quergestellte Kerben oder Rillen, welche die Backen der den Schaft bei dem Anköpfen festhaltenden Zange hinterlassen haben

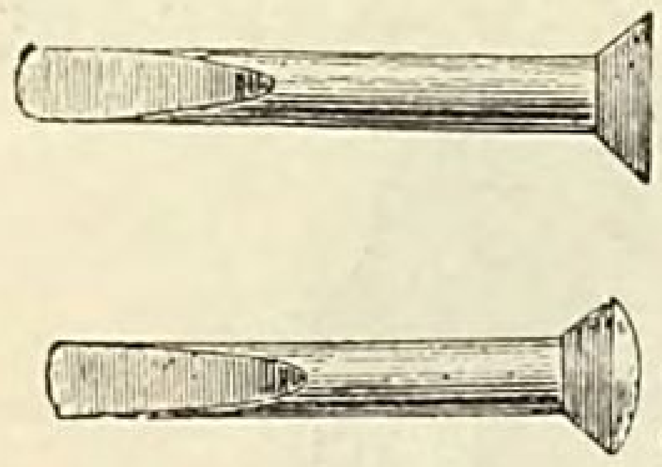


Fig. 8—9.

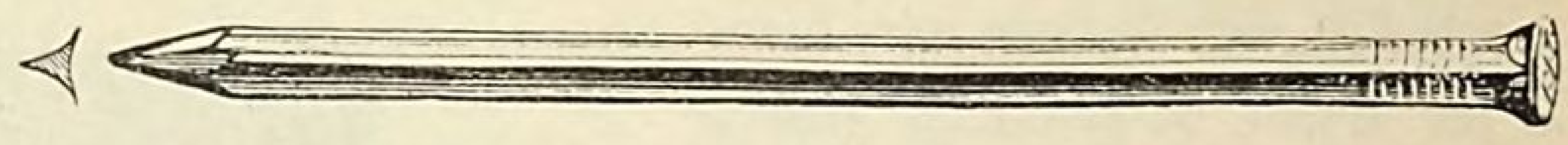


Fig. 10.

und welche dem Drahtstifte vermöge der dadurch erzielten Rauhigkeit ein festeres Haften im Holze ermöglichen. Zuweilen ist der Schaft in seiner ganzen Länge mit derartigen Querrillen versehen, die ihm ein schraubenförmiges Aussehen erteilen (Schraubenstifte). Auch die obere ebene Fläche mancher Drahtstifte ist zuweilen mit eingepressten, schräg sich durchkreuzenden Rillen oder Furchen versehen, um durch die hierdurch erzeugte Rauhigkeit einem Abgleiten des Hammers vorzubeugen, wodurch der Stift verbogen oder schief in das Holz eingetrieben werden würde.



11 12 13

Fig. 11—13.

Die Drahtstifte werden in den meisten Fällen aus Eisen gefertigt; nur für manche Zwecke sind kupferne oder messingene Stifte im Gebrauch. Der verwendete Draht ist immer hartgezogen und nicht ausgeglüht, um den Stiften die für das Einschlagen erforderliche Steifigkeit zu erteilen; doch darf der Draht nicht zu hart sein, um die Herstellung des Kopfes durch Prägung nicht unmöglich zu machen. Die Abmessungen der Drahtstifte sind sehr verschieden nach ihrer Verwendung; während die kleinsten Stifte nur etwa 6 mm lang und 0,6 bis 0,8 mm dick sind, kommen Stifte von 6 bis 9 mm Dicke und 0,15 bis 0,24 m Länge vor. Das Gewicht P in Pfunden von 1000 Drahtstiften kann man annähernd durch $P = l\,d^2 : 81$ ausdrücken, wenn l die Länge und d die Dicke der Stifte in mm bedeutet. Die meist gebräuchlichen Drahtstifte sind nicht über 50 mm lang; die grösseren Sorten haben besondere Namen: Schiefernägel und Rohrnägel 24 bis 36 mm lang, mit sehr breiten, flachen Köpfen; Schindelnägel 54 bis 60 mm lang; Lattennägel 54 bis 72 mm lang, aber dicker als die vorstehenden; Brettnägel noch dicker und 60 bis 84 mm lang; Bodennägel 84 bis 110 mm und Schiffnägel 120 bis 240 mm lang. Schraubennägel heissen die aus vierkantigem Drahte hergestellten Drahtstifte, deren Schaft schraubenförmig gewunden ist. Hier mögen auch die Blech- und Fassnieten (Fig. 11—13) erwähnt werden, welche aus Draht von 1 bis 10 mm Dicke in ähnlicher Art wie die Drahtstifte, aber ohne Spitze und mit verschiedenartig gestalteten Köpfen angefertigt werden.

Bei der früheren, jetzt nicht mehr gebräuchlichen Herstellung der Drahtstifte durch Handarbeit wurde der Draht in Stücke von etwa 1 m Länge getrennt, darauf an einer grösseren Anzahl solcher Stücke das eine Ende auf einem Schleifsteine oder dem sogen. Spitzringe spitz angeschliffen, worauf die Stifte in erforderlicher Länge abgeschnitten und jedes Stück an dem der Spitze entgegengesetzten Ende zu einem Kopfe angestaucht wurde. Hierzu musste jeder Stift in eine passende im Schraubstocke befindliche kleine Kluppe eingespannt werden, damit das Anstauchen mittelst eines Handhammers stattfinden konnte. Der vielfache Gebrauch von Drahtstiften veranlasste die Erfindung von Maschinen, welche ganz selbständig den ihnen überlieferten Draht in Stifte verwandeln; sie sind im wesentlichen in zwei verschiedenen Ausführungsarten im Gebrauch, je nachdem sie den Kopf durch den Stoss eines mittelst Feder fortgeschnellten Hammers anstauchen oder den Kopf durch Pressung erzeugen.

In Fig. 14 und 15 ist eine Maschine ersterer Art mit stossender Wirkung dargestellt, wie sie der Fabrik von Hüffer & Gastrich in Aachen entstammt. Der zur Verarbeitung kommende Draht wickelt sich von einem neben der Maschine aufgestellten, in der Figur nicht sichtbaren Haspel ab und tritt in die Maschine zunächst durch den Richteapparat *a* hindurch, welcher aus fünf kleinen Rollen besteht, die so gegen einander gestellt sind, dass der zwischen ihnen hindurchgezogene Draht genau gerade gerichtet wird. Zum Hindurchziehen dient eine Zange *b*, welche auf dem Gestelle der Maschine durch die Schubstange *c* eine hin- und hergehende Bewegung erhält. Indem die Zange durch eine Feder *d* geschlossen gehalten wird, muss der durch die Zangenbacken gefasste Draht an der von links nach rechts gerichteten Bewegung der Zange teilnehmen, wogegen er bei dem Rückgange von rechts nach links nicht folgt, weil er während dieser Zeit an seinem rechtsseitigen Ende zwischen zwei stark zusammengepressten, in dem Schieber *e* befindlichen Backen festgehalten wird, infolge welcher Einrichtung die Zange *b* bei dem Rückgange auf dem Draht gleitet. Daher erzielt man durch die hin- und hergehende Bewegung der Zange *b* eine absetzende Verschiebung des Drahtes, deren Betrag dadurch genau regulirt werden kann, dass der die Schubstange *c* bewegende Kurbelzapfen *f* sich in einem Schlitze an der Nabe des Schwungrades *g* verstellen lässt. Der von dem Zuführungsapparat in solcher Weise bei je einer Umdrehung der Schwungradwelle dargebotene Draht tritt durch eine Oeffnung in dem Gestell *h* hindurch und wird am vorderen Ende fest zwischen zwei Stahlbacken gepresst, die in dem Schieber *e* befindlich sind und von

denen die eine bewegliche durch den Hebel *i* fest gegen die andere unbewegliche gedrückt wird, sobald das freie Ende dieses Hebels durch die Wirkung der Daumenscheibe *k* auf der Schwungradwelle nach aussen rückt. Auf diesen Stahlbacken wird der Kopf des Stiftes gepresst, zu welchem Zwecke der Draht in solcher Entfernung vor den Backen abgeschnitten werden muss, dass gerade so viel Material vor den Backen stehen bleibt, wie zur Herstellung des Kopfes erforderlich ist. — Da die gedachten beiden Backen an ihren Griffstellen mit Kerben oder Riffeln versehen sind, um den Draht während des Kopfstauchens sicher zu halten, so erklären sich hieraus die oben erwähnten Einkerbungen an den Drahtstiften hinter dem Kopfe. — Zum Anstauchen des Kopfes dient die in wagrechten Führungen verschiebliche Stange *l*, die an ihrem linken Ende den nach der gewünschten Gestalt des herzustellenden Kopfes geformten Stempel trägt und welche durch eine starke Feder *m* vorgeschnellt wird. Diese Stange *m* wird nämlich durch einen auf der Schwungradwelle angebrachten Daumen von links nach rechts bewegt, wobei die Feder *m* sich spannt, so dass sie bei dem Freigeben des Daumens die Stempelstange zurückschnellt. Nachdem in solcher Weise an das freie Ende des Drahtes ein Kopf gestaucht worden und der Draht durch den Zuführungsapparat *b* in der vorbeschriebenen Weise wieder um ein bestimmtes Stück vorgeschoben ist, muss dies Stück abgeschnitten werden, wozu zwei Messer n_1 und n_2 dienen, die durch die Hebel o_1 und o_2 kräftig gegen einander gepresst werden, sobald deren freie Enden durch zwei Daumenscheiben p_1 und p_2 auf der Schwungradwelle nach aussen bewegt werden. Da mit diesem Abschneiden gleichzeitig die Bildung der Spitze verbunden ist, so fällt das abgeschnittene Stück als fertiger Drahtstift in einen unter der Maschine aufgestellten Behälter. Die Bildung der Spitze geht durch Anpressen in folgender Art vor sich. Die beiden zum Abschneiden des Stiftes dienenden Messer *n* sind unmittelbar hinter der schneidenden Kante jedes mit einer dreiseitigen Vertiefung von solcher Form versehen, dass diese beiden Vertiefungen bei dem Zusammentreffen eine vierseitige Höhlung von derjenigen Form bilden, welche die Spitze des Drahtstiftes erhalten soll. Durch das Zusammenpressen der Messer n_1 und n_2 wird daher gleichzeitig die Spitze angepresst und der fertige Stift abgeschnitten. Da die Messer nicht ganz bis zur Berührung zusammentreffen dürfen, um einer Beschädigung der Schneiden vorzubeugen, so wird der Stift in der Regel nicht vollständig von dem Drahte abgetrennt; es geschieht dies vielmehr erst durch die Wirkung eines hammerartigen Hebelchens *q*, das in dem Augenblicke des Auseinandergehens der Messer niederfällt und den nur lose anhaftenden Stift von dem Drahte abschlägt. Der Antrieb der ganzen Maschine wird durch einen auf die Riemscheiben *r* laufenden Riemen bewirkt; das Schwungrad dient dazu, die Bewegung möglichst gleichmässig zu machen. Durch die Schraube *s* kann die Spannung der Feder *m* und mit dieser die Wirkung des Schlages je nach Form und Grösse des anzustauchenden Kopfes geregelt werden. Die aus zwei elastischen Hölzern zusammengesetzten Federn, wie Fig. 14 sie zeigt, scheinen sich im allgemeinen besser bewährt zu haben als die

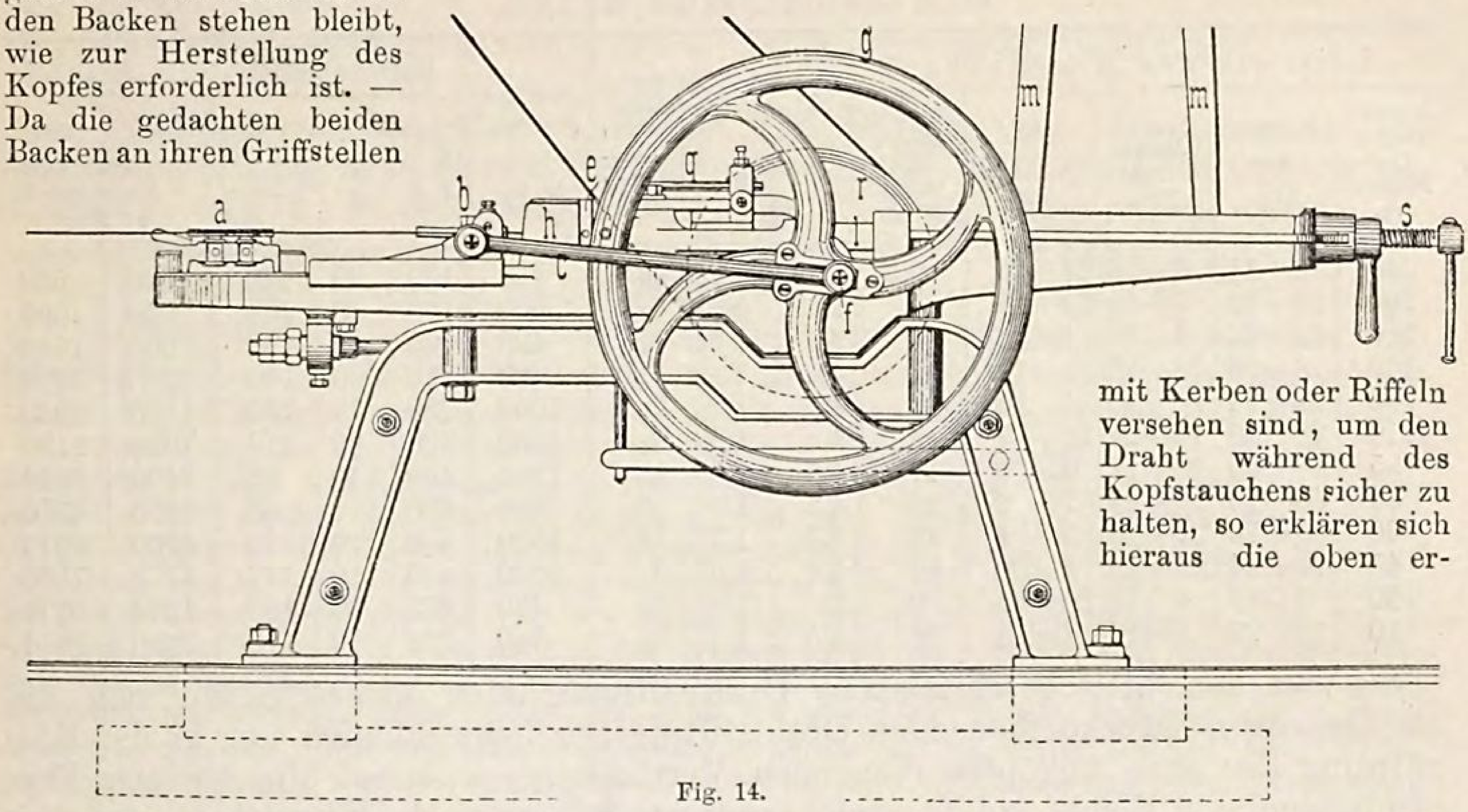


Fig. 14.

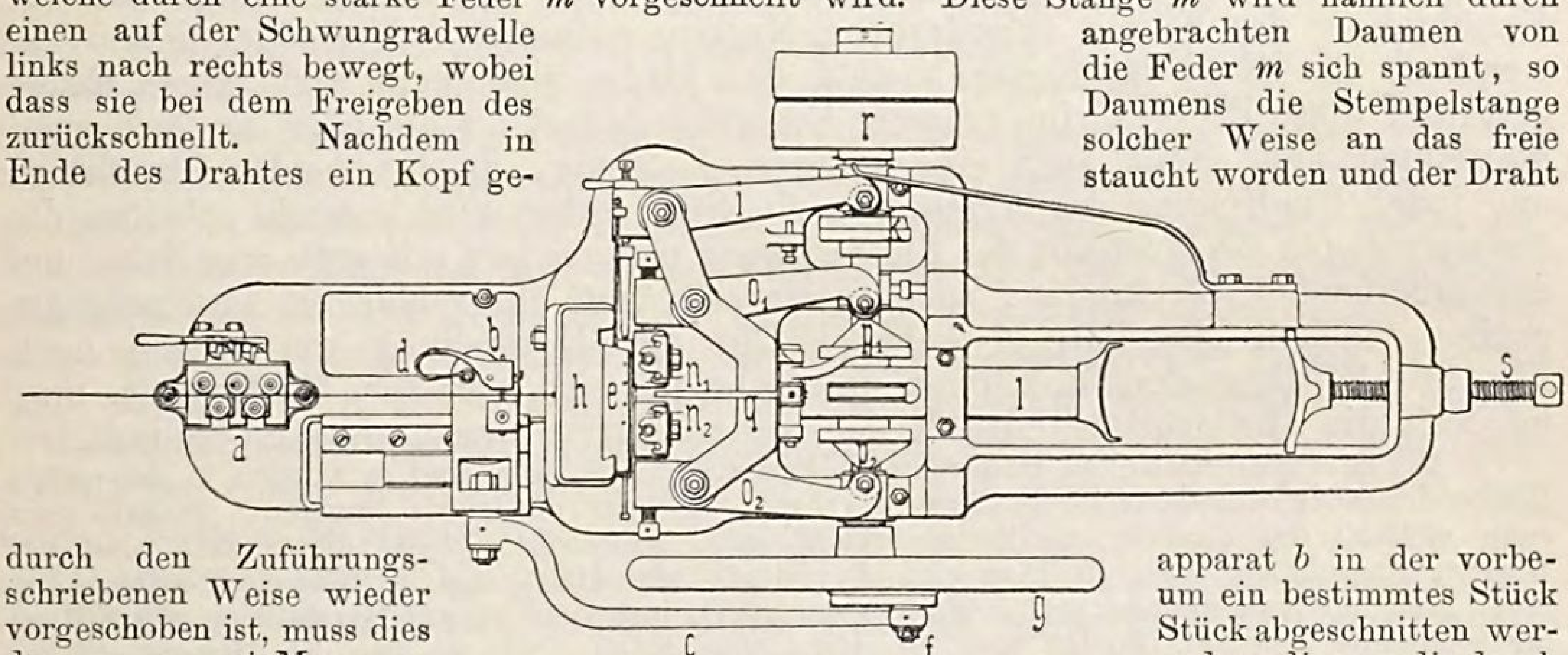


Fig. 15.

schraubenförmig gewundenen Stahlfedern, welche man früher zum Vorschnellen des Hammers in Verwendung brachte. Ueber die Leistung und Geschwindigkeit derartiger Maschinen gibt die nachfolgende Tabelle der mit dem Bau von Maschinen für die Drahtindustrie sich befassenden Fabrik von Malmedie & Cie. in Düsseldorf näheren Aufschluss.

Drahtstift-Maschinen.

Leistung der Maschinen					Erforderlicher Raum in Metern ca.	Betriebskraft in Pferdestärken ca.	Gewicht der Maschinen in kg	Riemscheiben			Preis	
Anzahl Stifte pro Minute ca.	deutsch mm Nro.	franz. Jauge de Paris Nro.	engl. B. W. G. Nro.	Grösste Länge der Stifte in cm				Durchmesser	Breite	Anzahl Umdrehungen per Min.	ohne selbstthätigem Ausrücker in Mark	mit selbstthätigem Ausrücker in Mark
240	8—11	3— 6	21—19	2,5	1,5 bei 0,7	$^1/_8$	180	130	35	240	820	950
200	10—18	5—12	20—15	4	2 „ 0,8	$^1/_8$	300	160	40	200	950	1090
180	14—22	9—14	17—13,5	6	2 „ 0,9	$^1/_4$	420	190	45	180	1050	1210
160	18—28	12—16	15—12	7	3 „ 1	$^3/_8$	700	210	60	160	1280	1460
130	22—34	14—18	14—10	10	3,5 „ 1,2	$^1/_2$	1000	280	70	130	1750	1950
110	28—46	16—21	12— 7	13	4 „ 1,4	$^3/_4$	1300	320	90	110	1950	2180
95	38—55	18—22	9— 5	17	4,5 „ 1,5	1	1900	450	110	95	2400	2670
85	46—70	21—25	7— 2	23	4,5 „ 1,5	$1^1/_4$	2600	450	110	85	3250	3570
60	55—76	22—26	5— 1	26	4,5 „ 1,7	$1^1/_2$	3500	450	110	170	4700	5070
45	70—94	25—29	2—00	32	5 „ 1,8	2	6000	450	110	117	6700	7100
150	9—19	4—13	20—15	8	2 „ 1	$^1/_8$	430	235	55	150	1200	1390
110	13—25	8—16	18—13	16	3,5 „ 1,2	$^3/_8$	750	320	70	110	1650	1850

Von den hier beschriebenen Drahtstiftmaschinen unterscheiden sich die zu demselben Zwecke dienenden Drahtstiftpressen hauptsächlich nur in der Einrichtung der zum Anköpfen dienenden Vorrichtung, während alle übrigen Einrichtungen, wie Richt- und Vorschiebeapparat, Schneidwerk, Klemmbacken u. s. w. in gleicher Weise ausgeführt sind. Zum Anköpfen dient dagegen bei diesen Maschinen eine Schubstange, welche die in der Mitte zu einer Kurbel gekröpfte Triebwelle mit einem Kopflager umfängt, während ihr anderes Ende die zur Formbildung des Kopfes erforderliche Matrize aufnimmt. Vermöge dieser Anwendung des Kurbelgetriebes anstatt des Daumenhammers und seiner Feder gestatten diese Pressen eine grössere Umdrehungszahl als die oben beschriebenen Maschinen und damit auch eine grössere Leistung, da bei beiden Maschinen mit jeder Umdrehung der Triebwelle ein Stift fertig wird. Auch arbeiten die Pressen wegen des Fortfalls der Stosswirkung ruhiger und mit grösserer Schonung der arbeitenden Werkzeuge, so dass sie sich trotz ihres höheren Anschaffungspreises vielfach eingebürgert haben. Die zur Herstellung von Nieten nach Fig. 11—13 dienenden Maschinen unterscheiden sich von den Stiftpressen nur, insoweit die abweichende Gestalt der beiderseitigen Erzeugnisse es bedingt.

Die Drahtstiftmaschinen sind zuerst in Frankreich erfunden, und es wurden in der ersten Hälfte dieses Jahrhunderts Drahtstifte in grossen Mengen aus Paris bezogen, weshalb man auch vielfach die Bezeichnung Pariser Stifte dafür gebrauchte. Seit dieser Zeit sind die Drahtstiftmaschinen auch in Deutschland vielfach ausgeführt und verbessert worden. Die Maschinen hat man in mancherlei Weise abgeändert, insbesondere zur Herstellung von Stiften für bestimmte Zwecke. So hat man die Stifte ohne Köpfe, wie sie von den Glasern [3] gebraucht werden, in der Weise herzustellen vorgeschlagen, dass man den Draht zwischen zwei Walzen in bestimmten Abständen mit regelmässigen Einkerbungen versieht, so dass man die benötigten Stifte einfach durch Abbrechen von den so erzeugten gekerbten Stäbchen (Nageldraht) erhält. Auch hat man vorgeschlagen, den Draht so zu pressen, dass die Stifte mit ihren flachen Köpfen und den Spitzen zusammenhängend bleiben und für den Gebrauch nur noch der Abtrennung bedürfen [4]. Nach einem andern Vorschlag [5] soll der Draht durch einen schrägen Schnitt abgetrennt und der Kopf einfach durch Umbiegen des schräg abgeschnittenen Endes hergestellt werden. Alle diese und noch verschiedene andere Vorschläge dürften wohl kaum als Verbesserungen zu betrachten sein, während der Vorschlag [6], die Spitzen durch kleine Schmirgelwalzen in der Art herzustellen, wie früher durch den Spitzring geschah, als ein Rückschritt bezeichnet werden darf.

Die weitere Zurichtung der von den Maschinen gelieferten Stifte besteht, nachdem man sie durch zur Entfernung des anhaftenden Oels einige Zeit zusammen mit Sägemehl in einer rotirenden Trommel gescheuert hat, gewöhnlich nur in dem Verpacken in Päckchen von je 500 oder 1000 Stück. Manche Stifte werden auch wohl einem Verzinnen (s. d.) oder Verzinken (s. d.) ausgesetzt; andere lässt man auf einer erhitzten Platte blau anlaufen oder man schwärzt sie mit Leinöl, womit sie benetzt werden und das man über einem Feuer abraucht.

Litteratur: [1] Karmarsch, Mechan. Technologie, 5. Aufl., Hannover 1875. — [2] Anzeiger für die Drahtindustrie, herausgegeben v. H. zum Felde, Berlin. — [3] D. R. P. Nr. 51844. — [4] D. R. P. Nr. 38882; 40008. — [5] D. R. P. Nr. 57607. — [6] D. R. P. Nr. 49164. — S. auch Fehland, Fabrikation des Eisen- u. Stahldrahts, sowie der Drahtstifte. Weimar 1886. *Herrmann.*

Drahtwalzwerk, s. Drahtfabrikation.

Drahtzange (Drahtschere), s. Scheren und Beisszange.

Drahtzaun, s. Drahtmaschengitter.

Drahtzerreissmaschinen dienen zur Prüfung der Tragfähigkeit von Metalldrähten; sie sind für die Herstellung und Prüfung von Schachtförderseilen (s. Förderseil) von besonderer Bedeutung. S. unter Drahtprüfungen.

Drahtziehen, -ziehbank, -zieheisen, s. Drahtfabrikation.

Drahtzugschranken sind Wegeschranken und zwar solche mit Fernschluss.

Drainage*) ist in der Agrikulturtechnik eine Anlage zur Entwässerung, zur Beseitigung der in der Ackerkrume und im Untergrund angesammelten schädlichen Feuchtigkeit vermittelst unterirdisch eingelegter gebrannter Thonröhren.

Notwendig ist die Beseitigung der stauenden Nässe im Boden bis zu der Tiefe, in welche die Wurzeln der Nutzpflanzen hinunterreichen. Denn das im Boden befindliche Wasser verhindert den Zutritt der Luft in denselben und seine Erwärmung durch die Sonne. Der Oxydationsprozess, die Zubereitung von Pflanzennahrung im Boden, des Düngers wie der Bodenbestandteile, bleibt unvollkommen; es können sich im Gegenteil andere, dem Wachstum der Nutzpflanzen schädliche und nur den Unkräutern förderliche Verbindungen bilden. Durch die stets vor sich gehende Verdunstung des Wassers wird dem Boden und der umgebenden Luft Wärme entzogen, der erstere wird kalt und darum treten auf nassen Böden gerne Spätfröste ein, wie auch die Pflanzen auf nassen Böden nicht tief wurzeln können und dadurch leichter auswintern. Nur mit bedeutend erhöhter Arbeit und Zugkraft kann ein nasser Boden gepflügt und geeggt werden, ganz abgesehen davon, dass dieses Geschäft eine Verzögerung gegenüber demjenigen auf trockenem Gelände erfährt, weil nasskalte Felder im Frühjahr und Herbst bei feuchter Witterung meist zu weich und darum für das Spannvieh nicht zugänglich sind. Geringere Erträge und grössere Betriebskosten sind mithin die Folge der stauenden Bodennässe. (S. Bodenphysik und Entwässerung.)

Da die Wurzeln vieler Nutzpflanzen über 1 m tief in den Boden hinuntergehen, so sollte der Grundwasserspiegel in Ackerfeld und Wiesen durch Entwässerung mindestens so tief gesenkt werden. Rührt die Durchnässung von einer einzelnen Quelle her, welche in der Tiefe in einer Felsspalte oder in einer von dichtem Boden umgebenen Sandader daherkommt und sich in den vorgelagerten Erdmassen versetzt und diese ständig durchtränkt, so ist die Ableitung eine einfache. Man hat nur unter Anwendung der bei Wasserversorgungen geltenden Regeln den Ursprung der Quelle zu ermitteln, diese in der Tiefe abzufassen und durch einen Graben oder Dohlen abzuleiten. Der Boden trocknet dann allmälich ab. Schwieriger wird die Sache, wenn die Vernässung durch Grundwasser entsteht. Das Regenwasser dringt je nach der Dichtigkeit des Bodens mehr oder weniger rasch und vollständig in diesen ein und geht in die Tiefe. Kommt es hier auf eine undurchlässige Schicht, so bewegt es sich als sogen. Grundwasser auf derselben thalabwärts. Ist dabei die Wassermenge klein, das Gefäll gross und das durchströmte Material grob mit grossen offenen Zwischenräumen, so erfolgt der Abfluss ohne Beeinträchtigung der darüber liegenden Schichten. Je grösser die Wassermenge, je geringer das Gefäll und je dichter die Massen aber sind, je stärker also auch Kapillarität wirken kann, desto mehr wird sich der Grundwasserstrom an der Oberfläche bemerkbar machen.

Wenn nämlich das Grundwasser zum Durchströmen der über der undurchlässigen Erdschichte *a b* gelagerten Massen seinen Spiegel nur bis zu der Höhe *c d* (Fig. 1) heben, für den Durchfluss nur diesen Raum brauchen würde, wird es durch die Kapillarität ausserdem noch höher gehoben. In verschiedenen Böden ist diese Höhe ungleich; sie ist am grössten in Torf- und Moorboden, mittelgross (bis zu 50 cm) im Lehmboden, gering im Sand, Null im Kies. Es bedarf keiner grossen Wassermengen, keines eigentlichen Grundwasserstroms, um einen dichten Boden nass zu erhalten; die Zwischenräume des Materials sind in diesem sehr klein, die Bewegung des Wassers und die Verdunstung sehr gering. Wenn hier „Quellen“ scheinbar im Gegensatz zu „Grundwasser“ genannt sind,

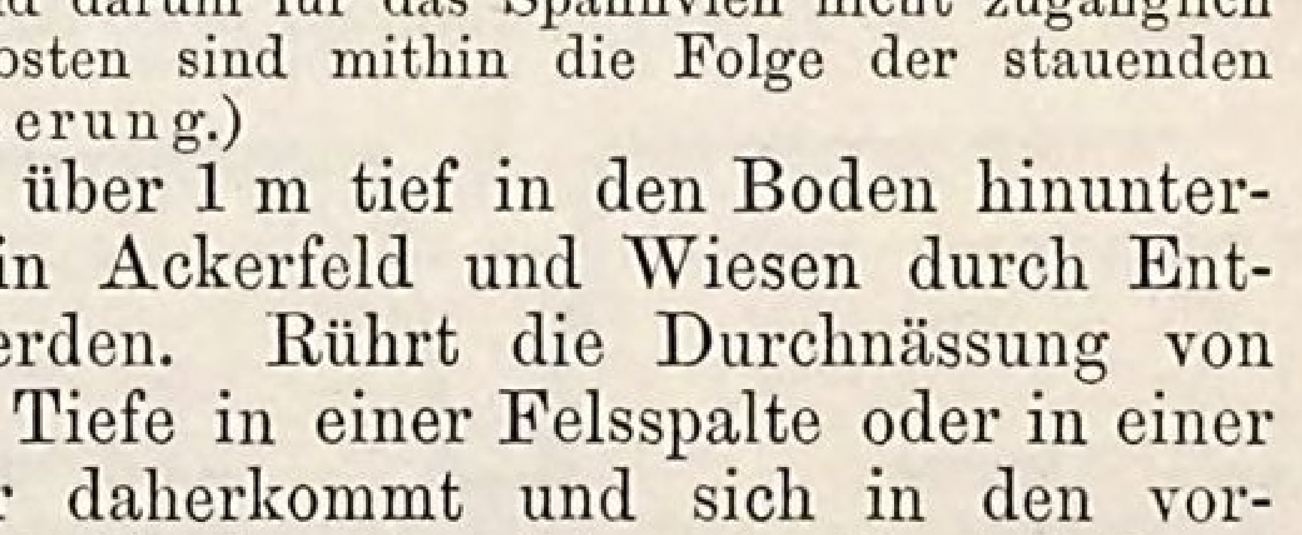


Fig. 1.

*) Das Wort Drainage stammt aus dem Englischen (to drain, ableiten) und darf daher in den Wörtern Drain, Drainrohr etc. nicht französisch ausgesprochen werden.

so ist zu beachten, dass ein prinzipieller Unterschied zwischen beiden nicht besteht. Denn eine Quelle ist nichts anderes als Grundwasser, welches sich in einem geschlossenen Lauf gesammelt hat und an einem bestimmten Platz zu Tag tritt.

Bei einem Drainageentwurf muss man sich daher in erster Linie darüber klar werden, woher die Vernässung rührt, ob von einer geschlossenen Quelle, oder von dem in seinem Abfluss durch den Untergrund gehemmten Grundwasser. Um den letzteren Fall, um die Beseitigung der Nachteile, welche aus einer weithin sich erstreckenden Vernässung des Bodens durch in seinem Ablauf aufgehaltenes Grundwasser am Pflanzenwuchs entstehen, handelt es sich bei einer eigentlichen landwirtschaftlichen Drainage. — Macht man in einem wasserdurchtränkten Boden einen Einschnitt mit genügender Vorflut, so setzt sich in denselben von den Seiten her aus den höher gelegenen Schichten das Wasser hinein, es bildet sich eine vollständige Strömung gegen die Vertiefung zu. Stand früher das Grundwasser in der Linie *ab*, (Fig. 3), so wird es sich auf eine gewisse Erstreckung auf beiden Seiten des Grabens einsenken, es wird ein Prisma *a*, *b*, *c* wasserfrei werden. Diese Strecke *a*, *b*, die Breite des Geländestreifens längs des Grabens, auf welcher eine Einsenkung des Grundwasserspiegels eintritt, richtet sich naturgemäss einerseits nach der Tiefe *cd* und andererseits nach der mehr oder minder grossen Durchlässigkeit des Bodens. Kann man eine eigentliche wasserführende Schichte anschneiden und diese bis zum undurchlassenden Untergrund abfassen, so wird die Abtrocknung weithin eintreten. Meist aber liegt die Sache nicht so einfach.

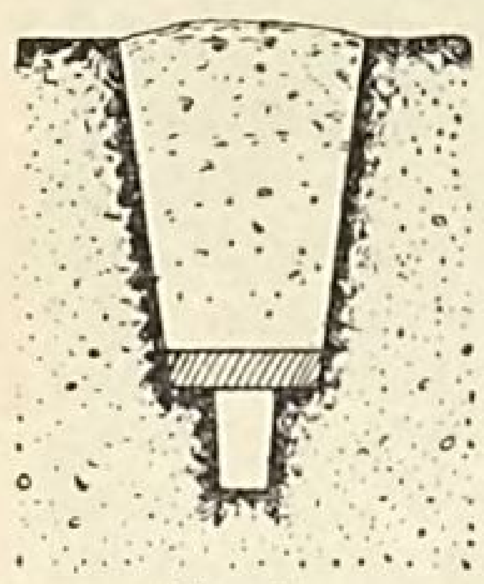


Fig. 2.

Man kann vielfach, einerseits wegen der Vorflut und andererseits wegen der Kosten und endlich weil die Schichten durchaus nicht immer regelmässig, sondern vielfach gebogen, sich nach allen Richtungen verzweigend und wieder zusammenkommend verlaufen, nicht so tief gehen; man muss sich meist damit begnügen, ein möglichst grosses Stück von gleichmässig durchtränktem Boden trocken zu legen. Da erhellt nun sofort, dass die Entwässerung namentlich von dichten Böden ein ganzes System von nahe an einander liegenden tiefen Gräben erfordert. Dies hat grosse Nachteile. Es wird eine grosse Fläche kulturfähigen Bodens durch die Gräben in Anspruch genommen (ein 2 m tiefer Graben von nur 0,5 m Sohle wird bei nur einmaliger Böschung oben 4,5 m breit), es werden Brücken zur Ueberführung der Wege nötig, der Verkehr auf dem Gelände und dessen Bebauung werden vielfach gehemmt, und die Unterhaltung der Grabenwände, welche in wasserführendem Boden schlecht halten, sowie die Räumung der Grabensohlen erfordern einen ständigen Aufwand. Darum hat man sich von jeher auf unterirdische Ableitung des Grundwassers verlegt.

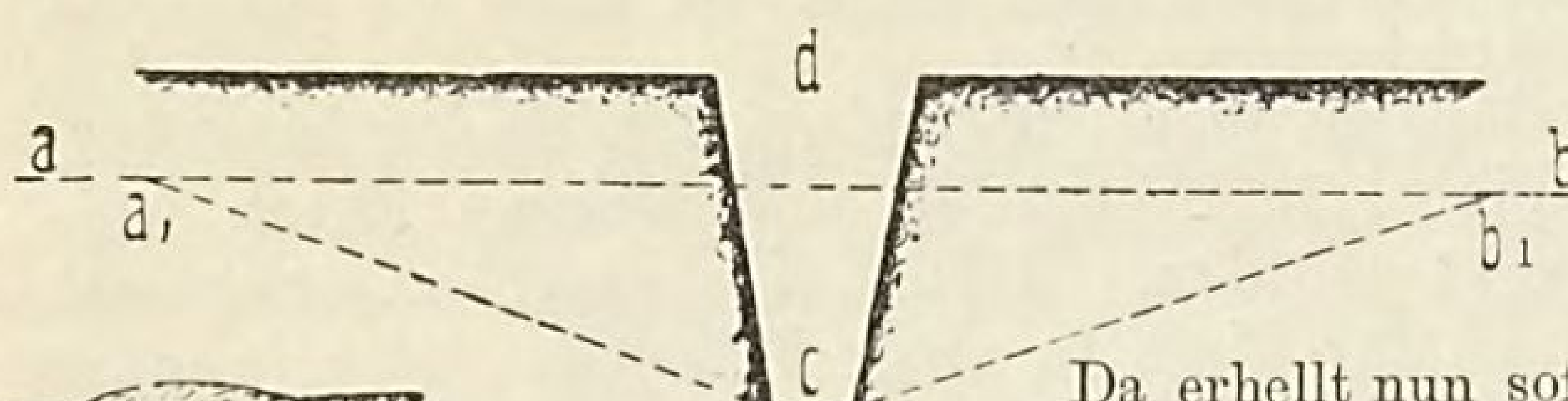


Fig. 3.

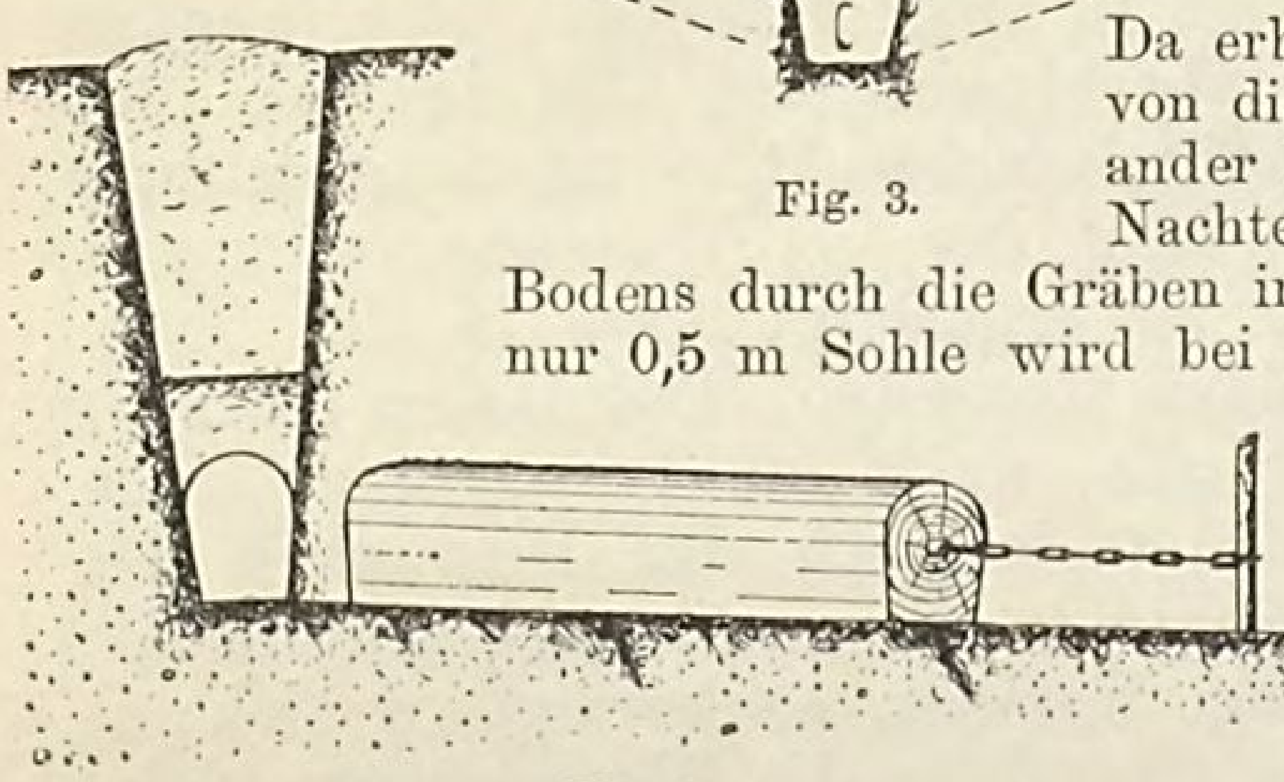


Fig. 4.

Alte Methoden der unterirdischen Entwässerung sind sogen. Erddauchen und Sickerungen mit Holz und Stein. Die ersteren (Fig. 2 u. 4) werden dadurch erstellt, dass man in die breitere Grabensohle eine schmale Rinne aussticht, diese mit einem umgekehrten Rasenstück deckt und den Graben hierauf einfüllt; oder es wird ein Stück besonders geformtes Holz, auch mehrere an einander gehängte Stücke, in die Grabensohle eingebracht, Erde darüber gefüllt und festgestampft, sodann das Formholz eine Strecke weit vorgezogen und wieder umgefüllt, so dass ein zusammenhängender unterirdischer Gang entsteht.

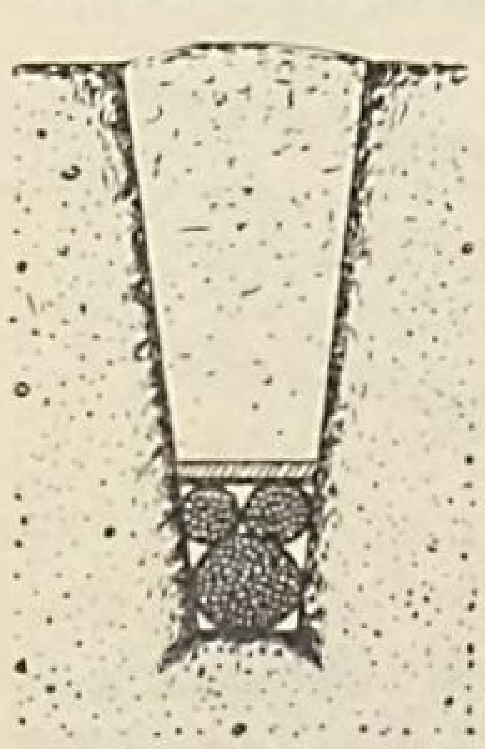


Fig. 5.

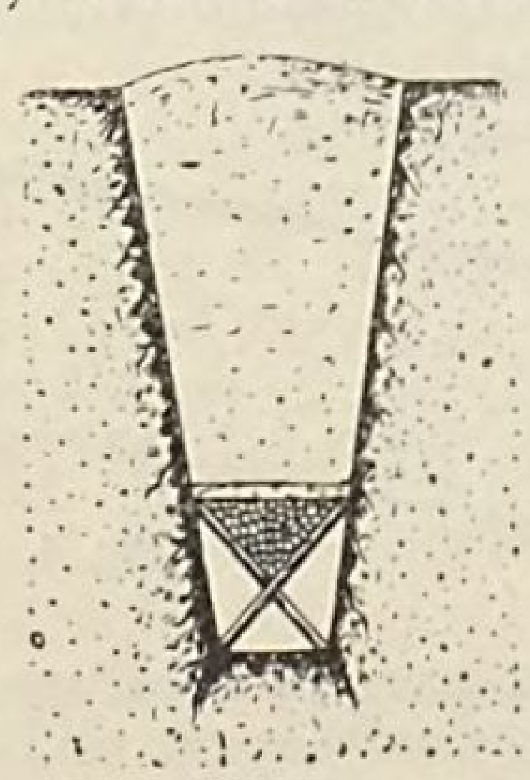


Fig. 6.

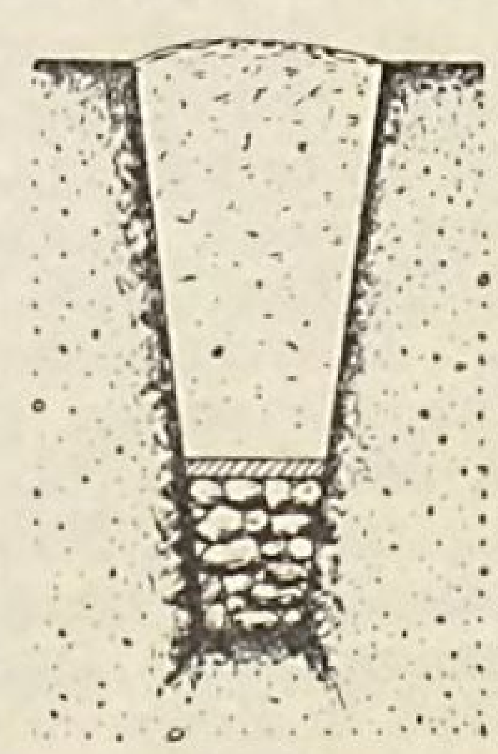


Fig. 7.

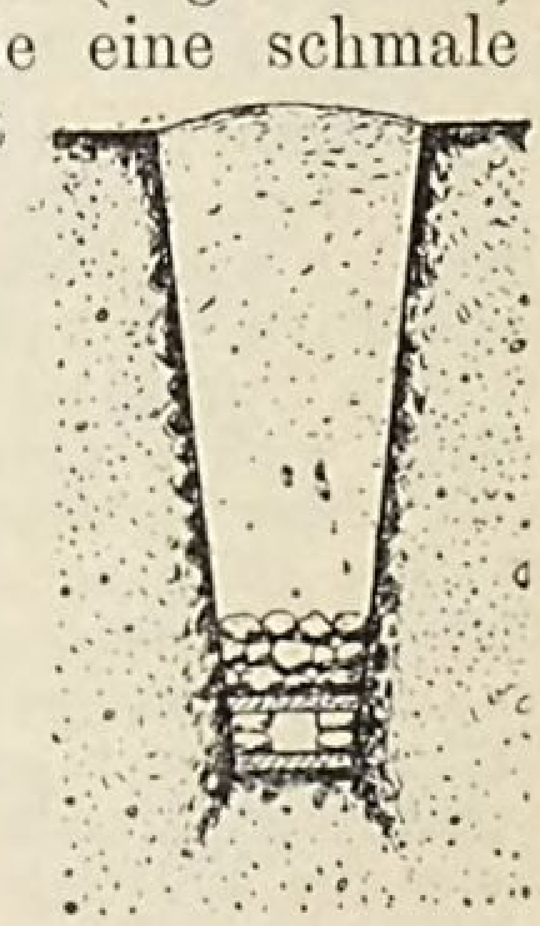


Fig. 8.

Dies ist naturgemäss nur in dichtem, standfähigem Boden möglich und lässt stets Einstürze, Verstopfungen etc. befürchten. Die Konstruktion von Sickerungen aus Holz und Stein sind aus Fig. 5 und 6 (Faschinendrains) und Fig. 7 und 8 (Steindrains) ersichtlich.

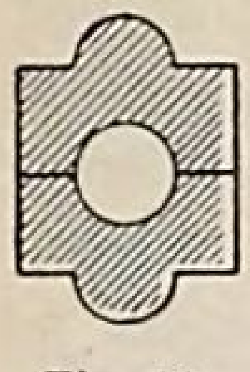


Fig. 10.

Um ein Verstopfen der aus grösseren Steinen erstellten Sickerungen zu verhüten, müssen dieselben zunächst mit kleineren Steinen überdeckt und muss sodann die erste Füllschicht sorgfältig eingebracht und fest gestampft werden. Alle Holzkonstruktionen sind bedenklich; das Holz wird bald morsch, Einsenkungen, Verstopfungen müssen bald eintreten. Steinsickerungen und Trockendohlen, welche auch vermittelst Hohlziegeln erstellt werden können, sind dagegen gut, aber meist zu teuer, da man nur selten, namentlich bei grösserem Bedarf, genug Steine zu niederen Preisen zur Verfügung haben dürfte.

Besonders zu erwähnen sind noch die Torfdrains, welche früher in torfreichen Gegenden Englands vielfach angewendet wurden. Mit einer besonderen Stechschaufel (Fig. 9) werden Torfstücke von der in Fig. 10 dargestellten Form gestochen und diese werden nach genügender Trocknung durch Aufeinandersetzen zur Herstellung einer Röhrenfahrt verwendet. Solche Torfdrains sollen eine sehr lange Dauer haben.



Fig. 9.

Die geringe Haltbarkeit der Holzdrains und die oft grossen Kosten der Materialbeschaffung für die Steindrains hat, zuerst in England, zur Drainage mit gebrannten Thonröhren geführt. Eine Ausstellung in London (1851), bei welcher zum erstenmal die ausserordentlichen Erfolge der Röhrendrainage zur Darstellung gebracht waren, trug viel zur Verbreitung der Methode der letzteren auf dem Kontinent bei, wo dieselbe jetzt allgemein als das Beste auf diesem Gebiete anerkannt wird und in systematischer Ausführung mehr und mehr zur Anwendung kommt. Die Grundzüge einer solchen Anlage sind folgende:

Gebrannte Thonröhren von 30—50 cm Länge werden auf der Sohle des Grabens, stumpf an einander gestossen, eingelegt und wieder mit Erde bedeckt. Sie wirken ganz in der oben in Fig. 3 dargestellten Weise und es wird zwischen mehreren in gleicher Richtung verlaufenden Drainsträngen der Grundwasserspiegel sich in der untenskizzirten Weise (Fig. 11) gestalten. Das Wasser setzt sich durch die Stossfugen, nicht etwa durch die Wandungen, in die Röhren hinein. Die etwaige Befürchtung, dass die Stossfugen nicht hinreichen, um so viel Wasser einzulassen, als das Rohr fassen kann, ist unbegründet. Nimmt man die Weite der Stossfugen zu 0,5 mm an, was schon sehr sorgfältiges Legen voraussetzt, so haben schon wenige Stossfugen so viel Querschnitt als das Rohr selbst. Bei einer lichten Weite des Rohres $d = 60$ mm ergibt sich die Anzahl n der Stossfugen, deren Querschnitt gleich dem Querschnitt des Rohrs sein soll, aus der Gleichung: $0{,}5 \, . \, n \pi d = \frac{\pi . d^2}{4}$ $n = 30$. Grundlage einer guten Drainage, wie jeder richtig angelegten Entwässerung, ist das Vorhandensein oder die Möglichkeit der künstlichen Anlage einer genügenden Vorflut, einer Vertiefung eines Grabens, in welchen die Drainage einmünden und vermittelst dessen das Drainagewasser abziehen kann (s. Entwässerung). Ein Rückstau des letzteren in die Drainage durch höheren Wasserstand im Vorflutgraben darf nicht vorkommen, wenigstens auf längere Zeit nicht. Jede Ausmündung eines Drainstranges in den Vorflutgraben erfordert beständige Aufsicht, sie wird leicht beschädigt, gefriert bei grosser Kälte ein und muss besonders gegen das Hineinkriechen von Tieren versorgt werden. Man lässt deshalb nicht jeden einzelnen Drainstrang für sich ausmünden, sondern sucht jeweils eine grössere Anzahl von Strängen in einen Sammler zu vereinigen, ein ganzes System von Drains zu bilden und gibt diesem einen einzigen Auslauf.

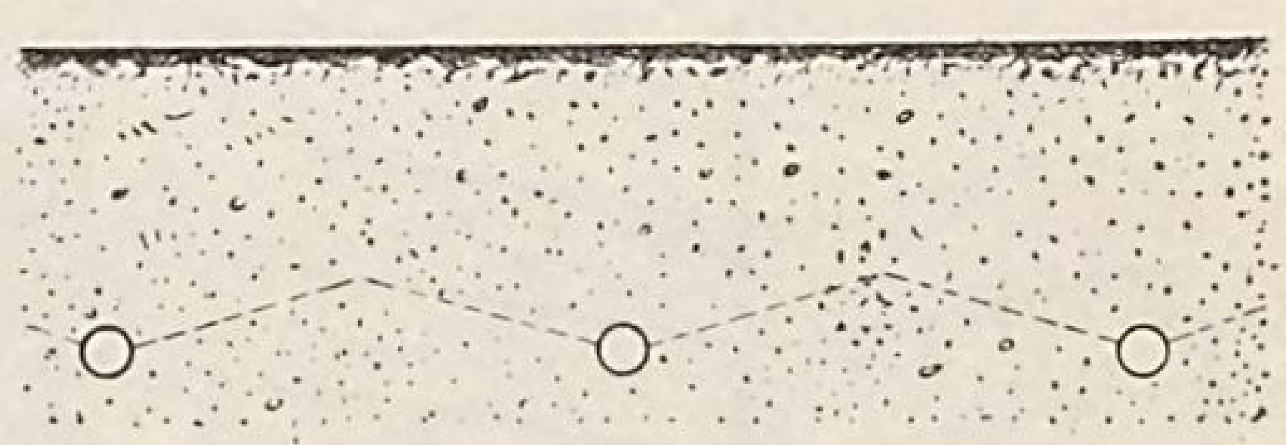
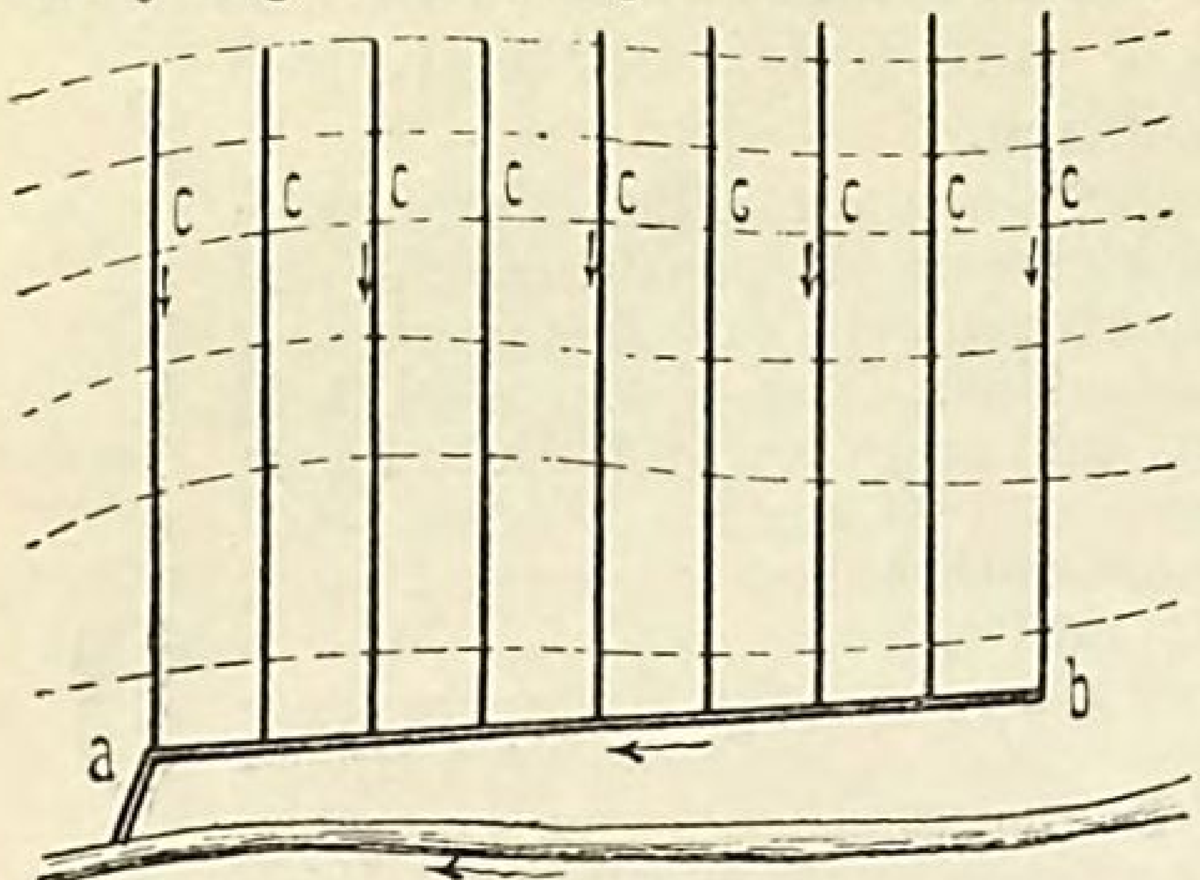
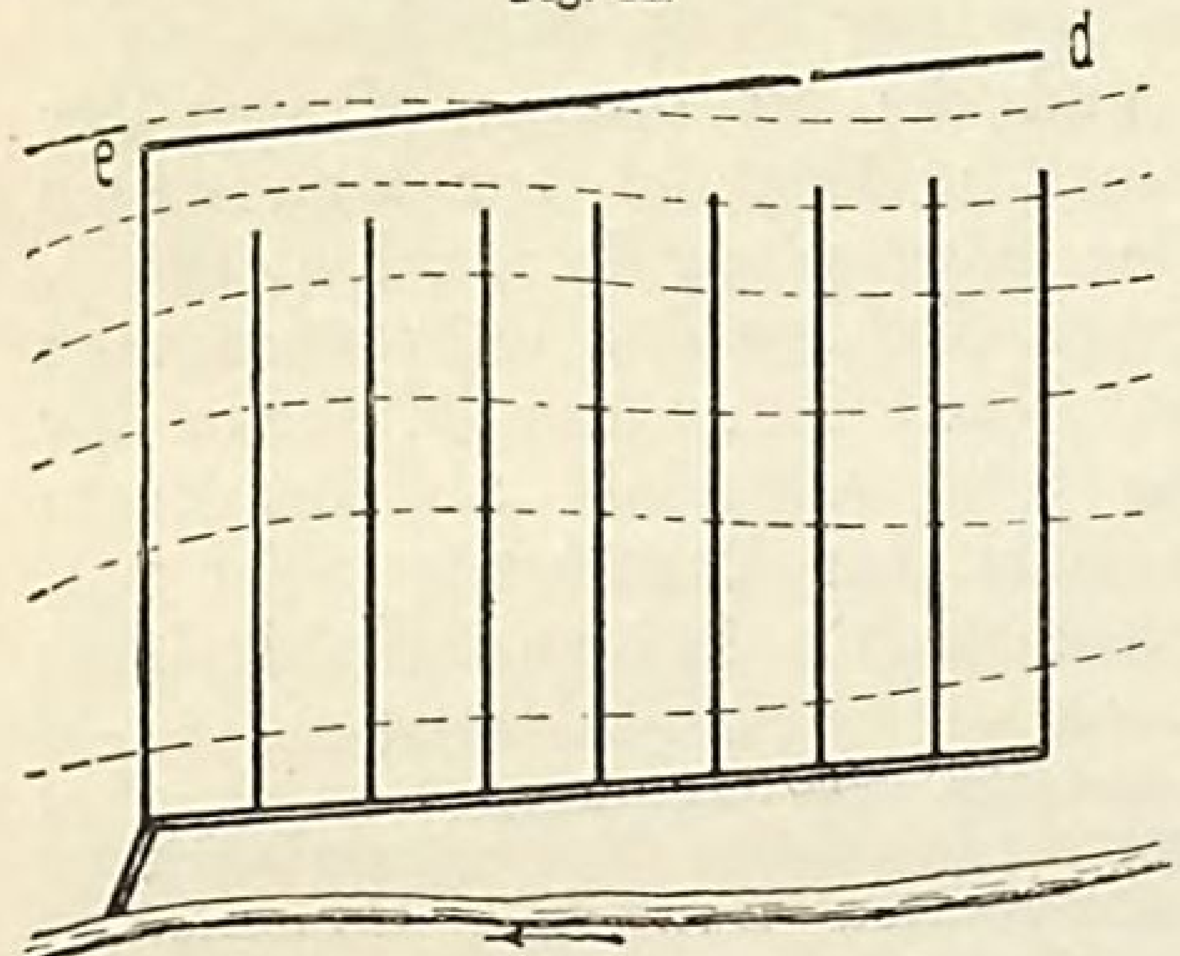


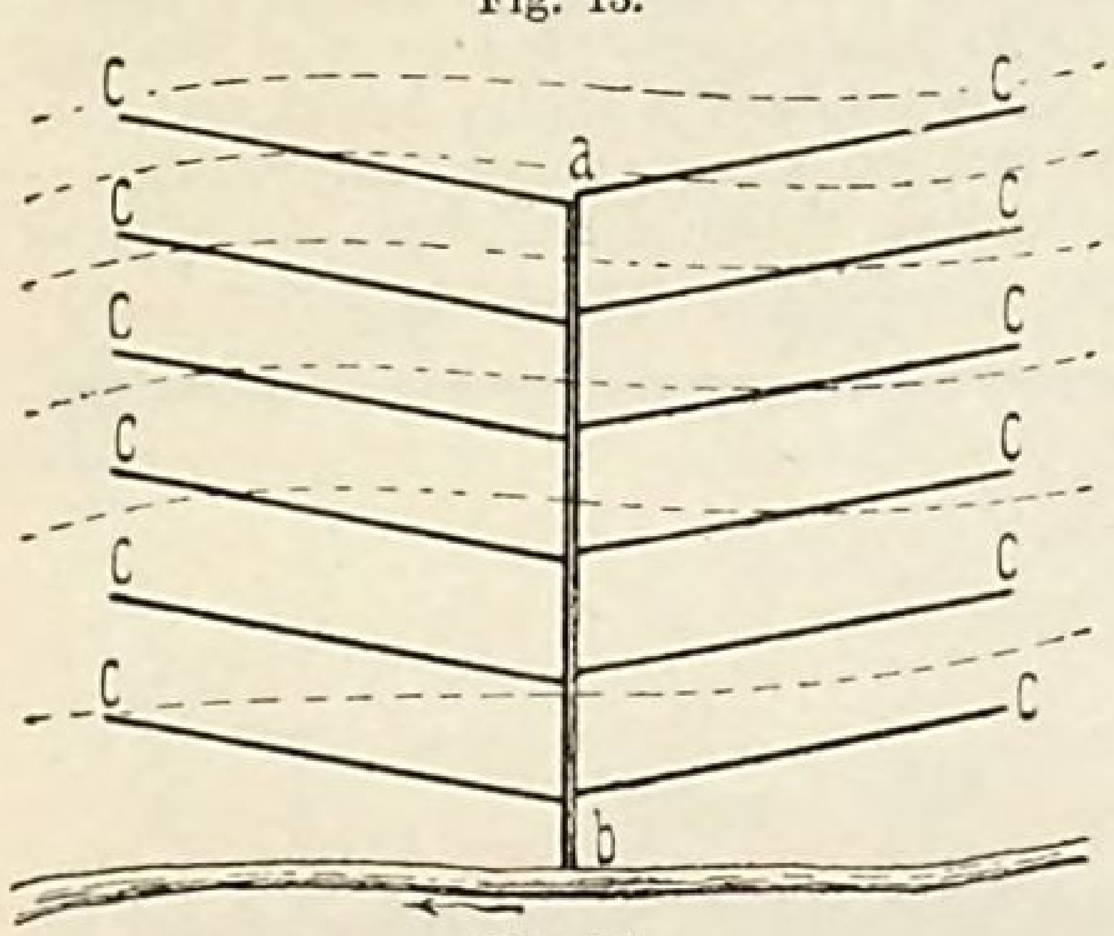
Fig. 11.

Bezüglich der Anordnung eines Drainsystems, des zur Entwässerung eines grösseren Bezirks erforderlichen Netzes von Drainsträngen, sind zwei prinzipiell verschiedene Methoden zu unterscheiden. Bis vor kurzem war es üblich, bei einer Lage des Geländes, wie es sich aus den Höhenkurven in der beigefügten Skizze (Fig. 12) ergibt, einen Hauptstrang *a b*, Sammeldrain genannt, annähernd parallel zu den Höhenkurven und mit einer Ausmündung in den Vorflutgraben anzulegen und in diesen die Zweigstränge, Saugdrains genannt, möglichst senkrecht zu den Höhenkurven, also dem stärksten Gefäll nach, einmünden zu lassen. Das starke Gefäll in den Saugdrains befördert das rasche Ablaufen des Wassers in denselben, also auch ein rasches Eindringen des Wassers in dieselben und mithin eine kräftige Entwässerung des Geländes. Gleichzeitig erreicht man dadurch den Vorteil, den Saugdrains nur geringe Weite geben zu müssen, was bei der gegenüber dem Sammler grossen Länge der Sauger den Kostenpunkt ganz wesentlich beeinflusst. Aus demselben Grund gibt man

dem Sammeldrain auch ein möglichst grosses Gefäll, bedeutend geringer als dasjenige der Sauger bleibt es aber bei dieser Anwendung immer. Die Richtigkeit dieser von Autoritäten, wie Vincent [5], Perels [6], [7] u. a. vertretenen Methode hat in neuerer Zeit starke Anfechtung erfahren. Wenn nämlich am Fusse von stark ansteigenden Hängen sich Vernässungen zeigen, so ist anzunehmen, dass Wasser von oben beiströmt, und man wird darum gut thun, das in Fig. 12 eingezeichnete System durch einen an der oberen Grenze der Vernässung oberhalb der Saugstränge verlaufenden besondern Strang *d, e,* Kopfdrain genannt, zu ergänzen und auf diese Weise jenes Wasser abzufassen (Fig. 13). Der Untergrund von Thalniederungen zeigt bekanntlich häufig die Erscheinung, dass bei der Ablagerung der Schichten die sich in unregelmässigen Bahnen bewegenden Strömungen in den Wasserläufen oder die Niederschläge, Rinnen und Mulden gebildet, dann diese Vertiefungen mit gröberen Teilen, Sand und Gerölle, ausgelegt und endlich wieder mit dichteren Massen eingedeckt haben. In diesen selbstverständlich meist dem grössten Gefäll der Fläche folgenden unterirdischen Rinnsalen, schmalen Adern oder breiten, dünnen Schichten bewegen sich vornehmlich die Grundwasser. Ist ein solcher Abfluss durch Engerwerden der Rinnen, durch Abnahme des Gefälls oder durch vorgelagerte dichtere Massen gehemmt, so stauen sich die Grundwasser auf und versumpfen das Gelände. Legt man nun eine Drainage nach dem in Fig. 12 dargestellten System mit Saugdrains im stärksten Gefäll an, so kann es leicht vorkommen, dass eine solche geschlossene Wasserader unberührt zwischen zwei Strängen liegen bleibt oder dass die dünne wasserführende Schicht nur ungenügend angeschnitten wird und dass darum nach wie vor Vernässungen des Bodens bleiben. Deshalb wird jetzt empfohlen, in gleicher Weise wie den einen Kopfdrain alle Stränge quer zu legen, das System also in der in Fig. 14 angedeuteten Weise zu gestalten. Hier erhalten der Sammler *a, b* das stärkste und die Sauger *c* das geringere Gefälle.

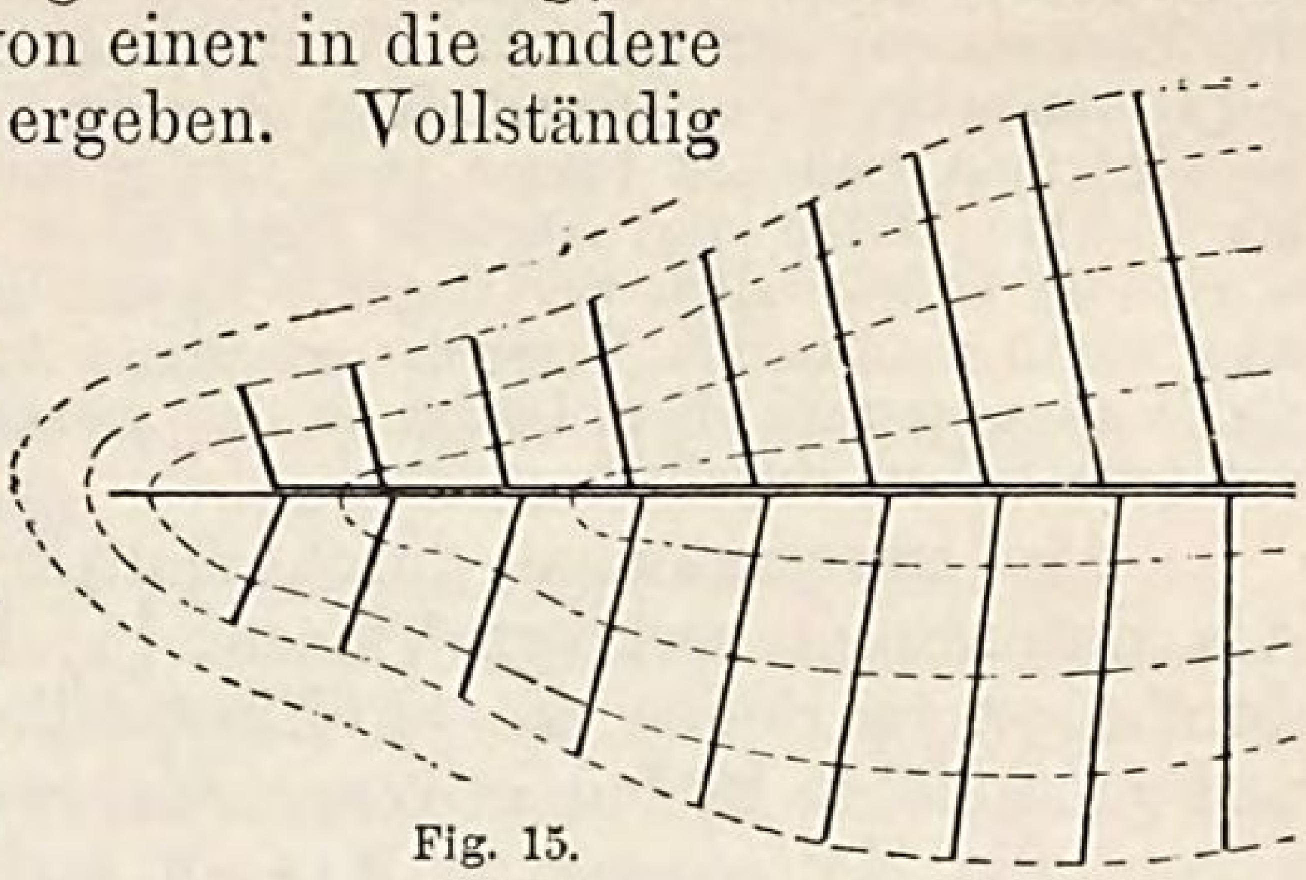

Fig. 12.


Fig. 13.


Fig. 14.

Zuerst traten für diese Methode, welche übrigens in früherer Zeit in England teilweise üblich gewesen sein soll, Merl [13] und sodann Gerhardt [14] ein. Sie gaben der Methode, die Sauger in das stärkste Gefäll zu legen, den Namen Parallel- oder Längsdrainage, der von ihnen empfohlenen Methode Kopf- oder Querdrainage. Durch die Querdrainage werden die soeben geschilderten wasserführenden Adern sämtlich abgeschnitten, sie bekommen Vorflut und wirken selbst wieder als Sauger. Weil hierbei die vorhandenen durchlassenden Adern des Bodens als natürliche Drainage mitwirken, kann die Entfernung der Stränge grösser genommen werden als bei einer Längsdrainage in demselben Boden. Merl weist auch auf mathematischem Weg nach, dass bei geneigter Bodenoberfläche ein der Horizontalkurve folgender Strang einen breiteren Geländestreifen entwässert, als ein im stärksten Gefäll liegender. Noch ein weiterer Vorteil ist nicht zu verkennen. Wenn in die mit starkem Gefäll gelegten Saugrohrstangen der Längsdrainage das rasch einströmende Wasser Sand und Schlamm einführt (und diese Gefahr liegt um so mehr vor, je rascher das Wasser abfliessen kann), so ist es leicht möglich, dass diese in dem flach liegenden Sammler hängen bleiben und ihn verstopfen. Bei der Querdrainage nimmt die Wassergeschwindigkeit von oben nach unten zu, eine Verschlammung kann daher viel weniger leicht eintreten.

Die mannigfache Bodengestaltung kann es mit sich bringen, dass man nicht die Wahl zwischen beiden Methoden hat, z. B. in einer buchtenartigen Mulde (Fig. 15) ist nur eine Längsdrainage zweckmässig; in anderen Fällen kann sich eine Mengung, ein Uebergang von einer in die andere Methode ganz von selbst als notwendig ergeben. Vollständig als Querdrainage ist die unterirdische Entwässerung dann auszubilden, wenn es sich darum handelt, die Wirkung der Drainage zeitweise aufzuheben, das Drainagewasser wieder in den Boden zurückstauen zu können, um letzteren nicht zu sehr austrocknen, zeitweise wieder feuchter werden zu lassen. Stauventile an den Einmündungen der Saugstränge in den Sammelstrang ermöglichen das letztere.


Fig. 15.

Die Staudrainage ist ein wichtiger Bestandteil des Petersen'schen Wiesenbausystems. Ueber die Eigenart einer solchen Anlage, die Vorteile und Nachteile einer Staudrainage s. Bewässerungssysteme, Bd. 2, S. 321, und die dortigen Litteraturangaben.

Die Ausdehnung der einzelnen Drainagesysteme ist, abgesehen von den natürlichen, durch die Terrain- oder Besitzverhältnisse gegebenen Bedingungen, abhängig von verschiedenen Faktoren, welche man auf Grund wissenschaftlicher Erwägungen und praktischer Erfahrungen festgelegt hat: nämlich von der abzuführenden Wassermenge, von dem gegebenen Gefäll und von der gewählten Länge, Tiefenlage und gegenseitigen Entfernung der Drains.

Durch die Drains ist zunächst diejenige Wassermenge abzuführen, welche als Niederschlag auf die betreffende Fläche gefallen ist. Wollte man aber die Drains nur so weit machen, dass sie während eines Jahres gleichmässig die durchschnittliche Regenmenge abführen, so würden sich die Verhältnisse des nassen Geländes nicht ändern. Es müssen grössere Wassermengen und diese auch schneller aus dem Boden entfernt werden können. In der Praxis hat sich die zuerst von Vincent [5] aufgestellte und von Perels [6], [7] gut geheissene Regel ausgebildet, dass die Maximalmenge der in einem Monat niedergehenden Niederschläge in 14 Tagen soll abfliessen können. Legt man die für ziemlich regenreiche Gegenden passende Zahl von 180 mm monatliche Maximalregenhöhe — sonst 100 bis 120 mm, welche Zahlen von der jeweils nächsten meteorologischen Station erhoben werden können — zu Grunde, so ist vom Hektar in der Sekunde abzuleiten $\frac{10000\,.\,0{,}18}{14\,.\,60\,.\,60\,.\,24} = 0{,}0015$ cbm $= 1{,}5$ l. Ausser den unmittelbar auf die zu entwässernde Fläche niederfallenden Regenmengen haben die Drains oft auch noch von oberen Bezirken herunterdringendes Grundwasser zu bewältigen. Meist kann dies jedoch ausser Acht gelassen werden, da das im Boden befindliche aufgestaute Grundwasser, wenn es einmal durch die Drainage sich bis zu einer gewissen Tiefe gesenkt hat, sich nur ausnahmsweise, durch aussergewöhnliche Zuflüsse, wieder bedeutend hebt. Auch sind bei der obigen Vincent'schen Annahme die im Sommer sehr bedeutende Verdunstung und Aufnahme durch die Pflanzen nicht berücksichtigt. Auf besondere Weise ist zu rechnen, wenn grosse Wassermengen künstlich aufgeleitet, vom Boden filtrirt und durch die Drainage abgeführt werden müssen, wie auf einem sogen. Rieselfeld bei der Berieselung mit städtischem Kanalwasser (s. Bd. 2, S. 293 ff.). Hier ist zu den oben berechneten Regenmengen die durchschnittlich auf das Hektar kommende Kanalwassermenge zuzuschlagen, dabei jedoch zu berücksichtigen, dass oft monatelang wegen der Bestellung grösserer Abteilungen mit Getreide, Kartoffeln etc., welche gar nicht berieselt werden dürfen, nur kleine Teile (ca. $^1/_3$ bis $^1/_2$ des ganzen Rieselfelds) die ganze Wassermenge aufnehmen müssen. Man wird also beim Projektiren der Drainage eines Rieselfelds die ungünstigste Art der Bewirtschaftung desselben in der Weise in Rechnung zu ziehen haben, dass man sich die höchste durchschnittliche Monatsmenge auf der halben Fläche des Rieselfelds gleichmässig verteilt denkt und die Drainage so anlegt, dass sie diese Menge in 14 Tagen abführen kann.

Die Tiefenlage und die gegenseitige Entfernung der Drains sind zusammengehörige Faktoren. Eine bestimmte Tiefe muss nur dann eingehalten werden, wenn eine eigentliche wasserführende Schichte im Untergrund vorhanden ist, welche angeschnitten werden soll und kann. Sonst ist, wie schon oben erwähnt, zu berücksichtigen, dass die Wurzeln mancher Nutzpflanzen 1 bis 1,5 m in den Boden hinunter gehen und einerseits nicht ständig im Wasser stehen dürfen, andererseits auch nicht in die Röhren hineinwachsen sollen, was sehr leicht vorkommt und dann grosse Verlegenheiten bereitet. Unter 1,2 m Tiefe sollte keine Drainage angelegt werden; besser aber ist es, eine grösssere Tiefe einzuhalten.

Aus Fig. 3 geht unmittelbar hervor, dass mit der Tiefe eines Drains die Breite des entwässerten Geländestreifens, mithin die zulässige Entfernung der Drains wächst, und ebenso ist schon bemerkt worden, dass für eine gewisse Tiefe bei durchlassendem Boden diese Entfernungen grösser sein können als bei undurchlassendem. Die Tiefe ist natürlich begrenzt durch die Verhältnisse der Vorflut. Wenn ferner ein 2,5 m tiefer Graben mit einem Drainrohr infolge ungünstiger Bodenbeschaffenheit mehr kostet als zwei solcher Gräben von 1,25 m Tiefe, so wird man vielleicht besser zwei Drains mit der halben Entfernung einlegen. Endlich geht bei dichten Böden und längerer Regendauer die Abtrocknung des Bodens langsam vor sich, wenn die Drains allzu tief liegen. Irgend welche bestimmte, auf wissenschaftlichem Wege oder durch umfassende Versuche erhaltene Anhaltspunkte über die beste Draintiefe und über die Wirkungsbreite eines Drains in den verschiedenen Böden hat man nicht. Man muss sich mit praktischen Regeln begnügen.

Als zweckmässige durchschnittliche Draintiefe gilt fast allgemein 1,5 m. Als Entfernung verlangt Vincent [5] bei mittlerem, lehmigem, mit Sandadern durchzogenem Boden die zwölffache Tiefe; Perels [6], [7] gibt für 1,25 m Tiefe und ganz dichte Böden in Gegenden, welche hoch liegen und geringe Verdunstung haben, die Entfernung zu 9 m an und geht je nach der Durchlässigkeit bis zu 36 m bei grobkörnigem Sand, was aber etwas viel sein dürfte. Die Erfahrungen über diesen Punkt sind noch nicht abgeschlossen. Besonders grosse Tiefe der Drains ist auf den Rieselfeldern, bei Berieselung mit städtischer Kanaljauche, zu wählen. Dort hat die Drainage nicht nur die Aufgabe, eine für den Pflanzenwuchs ungünstige Höhe des Wassers im Boden unmöglich zu machen, sondern es muss dort auch stets eine möglichst mächtige trockene Bodenschichte mit offenen Poren vorhanden sein, damit die mit dem Wasser in die Tiefe gehenden Schmutzstoffe durch die Mitwirkung der Bodenluft zersetzt (oxydirt) werden können. Auf Rieselfeldern sollte man darum eine Tiefe von 2 m im Durchschnitt wählen.

Das Gefäll und die Rohrweite eines Drainstranges, die Geschwindigkeit des Wassers in demselben und die von ihm geführte Wassermenge bedingen sich gegenseitig und sind nach Perels in genügender Genauigkeit gegeben in der Formel von Prony und Eytelwein, ergänzt durch einen Zusatz nach Vincent [5]: $v = 3{,}59\, \frac{a}{b}\sqrt{\frac{50\,d\,h}{l + 50\,d}}$, worin v die Geschwindigkeit des Wassers, h das Gefäll der Rohrstrecke, l die Länge der Rohrstrecke, $a:b$ einen sogen. Drainkoefficienten darstellt. Die unvermeidlichen Unregelmässigkeiten in der Form der einzelnen Röhren und im Legen der Stränge machen sich bei den kleinen Dimensionen weit mehr geltend als bei den grösseren. Der Koefficient $a:b$ ist deshalb verschieden und nach Vincent [5] für die gewöhnlich vorkommenden Rohrdimensionen anzunehmen:

Für Drainröhren von 0,03 m Durchmesser	$^2/_3$		Für Drainröhren von 0,10 m Durchmesser	$^5/_6$
" " " 0,05 " "	$^3/_4$		" " " 0,13 " "	$^6/_7$
" " " 0,08 " "	$^4/_5$		" " " 0,15 " "	$^7/_8$

Da ferner $Q = \frac{\pi\, d^2\, v}{4}$ ist, so gehen aus obiger Gleichung die beiden weiteren hervor:

$$h = \frac{b^2 v^2 (l + 50\,d)}{644{,}5\,.\,a^2\,d}, \quad Q = 2{,}818\,.\,\frac{d^2\,a}{b}\sqrt{\frac{50\,.\,d\,h}{l + 50\,d}}.$$

Einfacher kann auch nach der abgekürzten Formel von Kutter $v = 40\sqrt{R\,J}$ gerechnet werden, worin R den hydraulischen Radius, d. i. Fläche geteilt durch benetzten Umfang, in diesem Fall bei kreisförmigem Querschnitt $= \frac{r}{2}$ und J das Gefäll pro Längeneinheit bezeichnet. Die beiden Formeln geben fast übereinstimmende Resultate. Praktische Tafeln zum sofortigen Ablesen der gegenseitigen Werte v, d, $\frac{h}{l}$ und Q finden sich in Gerhardt [14] und in grösserem Umfang von demselben Verfasser im Rheinhardt'schen Kalender für Strassen-Wasserbau und Kulturingenieure (Wiesbaden bei Merzmann).

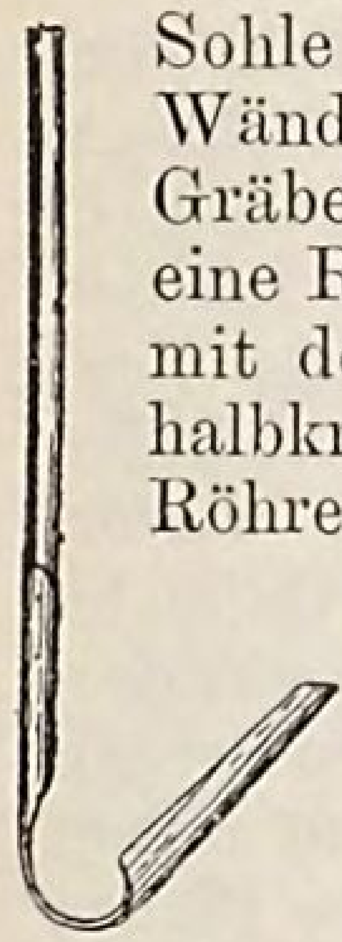
Da man aus dem Projekt für jede Stelle die bis dorthin abwässernde Fläche und mithin bei einer nach den oben gegebenen Regeln festgelegten Annahme der durchschnittlich abzuführenden Wassermenge auch diese kennt, so lässt sich die betreffende Rohrdimension ohne weiteres rechnen. Nur ist zu beachten, dass die Drainröhren im Handel nicht in allen Grössen vorkommen. Unter 5 cm (welche Weite übrigens auch in der Praxis die kleinste verwendete ist) und über 22 cm Weite werden sie zurzeit nicht (oder nur ausnahmsweise) fabrizirt; schon von 15 cm an nur in grösseren, besonders gut eingerichteten Fabriken, und meist sind nur die Weiten 5, 6, 8, 9, 10, 12, 15, 18, 20 und 22 cm erhältlich. Sodann darf man auch in der Festlegung des Gefälls nicht unter eine gewisse Grenze heruntergehen. Das Wasser muss eine nicht zu geringe

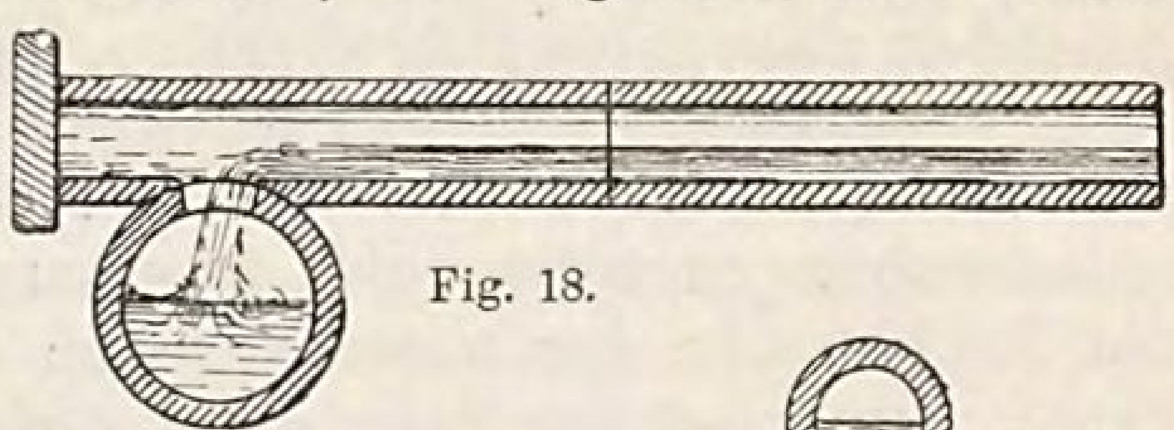
Geschwindigkeit haben, damit es die im Rohre stets mehr oder weniger sich niederschlagenden Schlamm- und Sandteile mitnehmen kann. Geschwindigkeiten von 0,15 bis 0,2 m bei volllaufendem Rohr sind das geringste zulässige Mass. Hieraus ergibt sich auch die grösste zulässige Länge der Saugstränge, zu welchen gewöhnlich nur Röhren von 5 oder 6 cm genommen werden. Ein Saugstrang hat auf seine Längeneinheit eine Fläche entsprechend der Drainentfernung zu entwässern; an seinem oberen Ende ist er noch leer, seine Wassermenge nimmt dann von Strecke zu Strecke zu, und von einem gewissen Punkte an würde das Rohr voll laufen. Weiter als bis zu diesem Punkte darf der Strang nicht gehen; er würde sonst seinen Zweck nicht erfüllen.

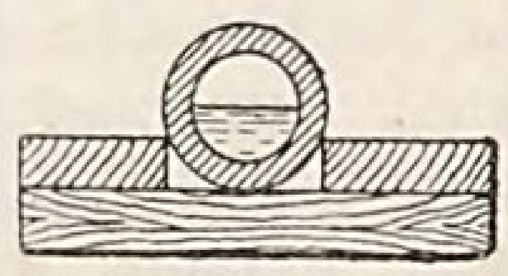
Für die Minimalannahme von $v = 0,2$ m, ferner für die Annahme, dass die Drainentfernung $= 15$ m, die Rohrweite $= 6$ cm und die abzuführende sekundliche Wassermenge $= 1,5$ l pro ha sein sollen, rechnet sich das den Strängen zu gebende Gefäll und deren höchste zulässige Länge wie folgt. In der Formel $v = 40 \sqrt{R\,J}$ wird für $v = 0,2$ und $R = 0,015$, und darum $J = 0,0017$; ferner wird $Q = \frac{v\,\pi\,d^2}{4} = 0,00056$ oder 0,56 Sekundenliter. Der Strang kann demnach $\frac{0,56}{1,5} = 0,4$ ha entwässern und darf darum nicht länger als $\frac{4000}{15} = 260$ m werden.

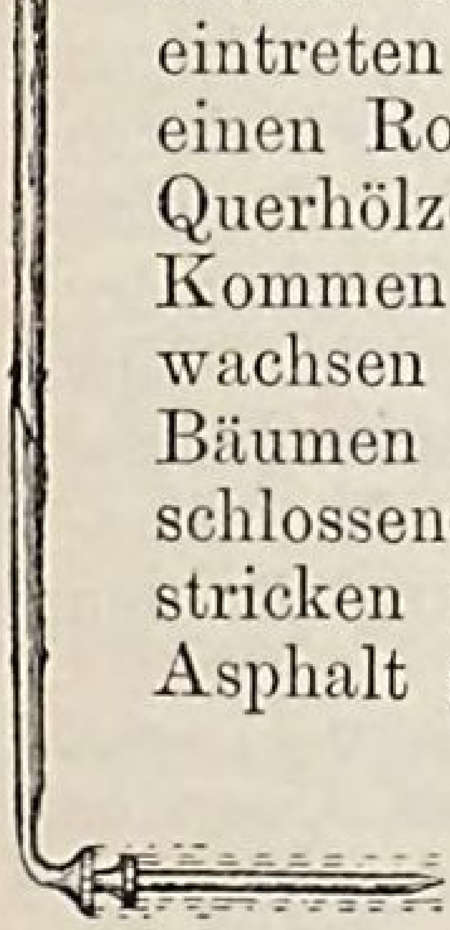
Behufs rascheren Ueberblicks beim Projektiren einer grösseren Drainage thut man gut, auf Grund der angenommenen Rohrdimension, Drainentfernung und Wassermenge sich für die verschiedenen etwa möglichen Gefälle eine Tabelle der hiernach zulässigen grössten Rohrlängen zu rechnen. Länger als 300 m sollte man ohne Not einen Sauger nicht machen.

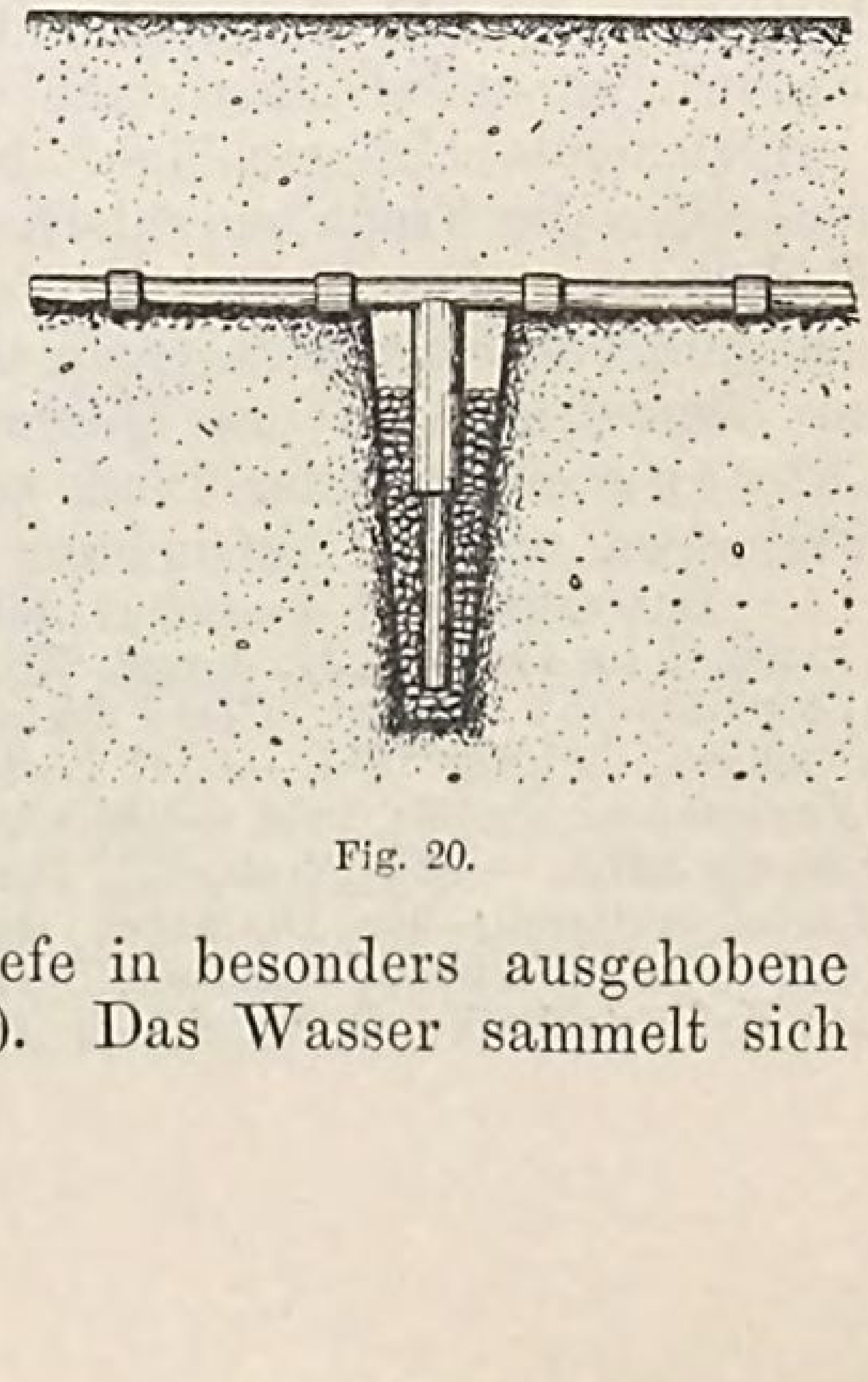
Bei der Ausführung einer Drainage sind verschiedene besondere Rücksichten zu beobachten. Bei grosser Kälte sollte man nicht drainiren. Wenn die auf die Röhren aufgefüllten gefrorenen Schollen auftauen, so ergeben sich leicht Verschiebungen der ersteren. In der Sohle der mit möglichst senkrechten Wänden 0,5—0,7 m breit zu erstellenden Gräben wird mit einem schmalen Spaten eine Rinne ausgestochen und diese unten mit dem sogen. Schwanenhals (Fig. 16) halbkreisförmig möglichst glatt zum sicheren Bett für die Röhren hergerichtet. Mit dem Legen der Röhren beginnt man am besten am oberen Ende der Stränge, weil immer Erde und Schlamm dabei aufgewühlt werden und hierdurch, wenn unten schon ein geschlossener Strang liegt, leicht Verstopfungen entstehen. Der Arbeiter fasst am besten jedes Rohr mit dem Leghaken (Fig. 17) und legt sie, über dem Graben stehend, ein. Oben wird der Strang mit einem Stein geschlossen, damit nichts eindringen kann. Die Sammler werden zweckmässigerweise um ihre Rohrstärke tiefer als die Sauger gelegt und die Einmündung der letzteren in die ersteren geschieht vermittelst beiderseits ausgehauener Röhren, wie dies in Fig. 18 angedeutet ist. — In weichem Boden, wo einzelne Röhren zwischen heraus versinken und überhaupt Verschiebungen leicht eintreten könnten, legt man dieselben auf einen Rost, gebildet durch zwei vermittelst Querhölzern verbundene Latten (s. Fig. 19). Kommen Strecken vor, in welchen das Einwachsen von Wurzeln von benachbarten Bäumen zu befürchten ist, so muss ein geschlossener Strang, Muffenröhren mit Hanfstricken und einer Mischung aus Teer und Asphalt gedichtet, eingelegt werden. Wo dies auf grösseren Strecken oder ausgedehnten Flächen nötig ist, empfiehlt sich die Methode von Rérolle. Der Saugstrang wird geschlossen erstellt und von ihm aus von Strecke zu Strecke, etwa von 5 zu 5 m, Abgänge in die Tiefe in besonders ausgehobene und mit Steinen gefüllte Gruben geführt (Fig. 20). Das Wasser sammelt sich


Fig. 16.


Fig. 18.


Fig. 19.


Fig. 17.


Fig. 20.

in diesen Gruben an, steigt durch die senkrechten Röhren in den Saugstrang auf und fliesst in diesem ab. Die Tiefe der Gruben richtet sich nach der Tiefe der Wurzelung der betreffenden Pflanzen; sie müssen tiefer als letztere sein. — Das Decken der Röhren nach erfolgtem Legen erfordert grosse Sorgfalt. Schlamm, ganz feine Erde sollen möglichst fern gehalten werden; Laub, Moos, Reisig sind nicht zweckmässig zum Ueberfüllen, weil sie bald faulen und dadurch Einstürze der zunächst liegenden Bodenteile und hiermit Verschieben oder Verstopfen der Röhren verursachen. Umfüllen mit grobem Sand oder Kies ist das beste, vor allem sehr sorgfältiges Einfüllen der ersten Schichte. Zur Ausmündung der Sammler in die Vorflutgraben verwendet man längere, stärkere Röhren, womöglich eiserne, und schützt sie gegen Einsenkungen durch Untermauern, sowie gegen das Einkriechen von Tieren durch ein Schutzgitter. Die Kosten der Drainage sind allgemein nicht genau anzugeben; die Bodenverhältnisse, Arbeitslöhne und Rohrpreise sind zu verschieden. Sie schwanken pro ha zwischen 250 und 500 *M.* Gute Drainagen gehören zu den rentabelsten Bodenverbesserungen, welche gemacht werden können. Wo man von einem Misserfolg hört, rührt dieser, abgesehen von prinzipiell falscher Anlage und schlechter Arbeit, fast immer daher, dass man sterile Böden, z. B. steinigen, kalkarmen, eisenschüssigen Lettboden, nur trocken gelegt und nicht auch sonst verbessert hat.

Als Material für die Röhren ist jeder gute Zieglerthon verwendbar. Zu fetter Thon wird durch Zusatz von Quarzsand magerer gemacht, damit er beim Brennen nicht rissig wird. Kalkstücke darf er nicht enthalten, da diese nach dem Brennen, sobald das Wasser hinzukommt, ablöschen und das Rohr zersprengen. Heller Klang beim Anschlage, glatte Innenfläche, gleichmässige Wandstärke und gleichartiges Aussehen der Bruchfläche sind die ersten Anzeichen eines guten Rohres [15]; s. auch Thonwaren.

Zur Aufstellung des Entwurfs der Entwässerung einer grossen Fläche sind von vornherein ein genauer Plan mit Höhenkurven und so umfassenden Bodenuntersuchungen notwendig, dass man auch auf dem Plan den Verlauf der Schichten, die Richtungen der unterirdischen Wasserbewegung u. s. w. ersichtlich machen kann. Zunächst hat man dann auf dem Plan die Hauptgrundzüge festzustellen: in erster Reihe, welche Möglichkeiten der Beschaffung der Vorflut vorhanden sind, sodann, welche Wassermenge pro Flächeneinheit abzuführen ist, weiter, insbesondere bei coupirtem, verschiedene Einsenkungen aufweisendem Gelände, die Umgrenzung einzelner für sich mit besonderen selbständigen Drainsystemen zu behandelnder Bezirke und deren Zusammenhängen zu einem geschlossenen Ganzen durch gemeinsame grössere Sammler, welche den Thalwegen zu folgen haben, und endlich, auch im ebenen Gelände, die Zerlegung der ganzen Fläche in einzelne Teile, deren Wassermenge noch mit Röhrendrains abgeleitet werden kann und im Zusammenhang damit die Richtung der grösseren, zur Aufnahme der Drainwasser einer Reihe von Systemen dienenden offenen Abzugsgräben. Dabei haben noch andere Gesichtspunkte, insbesondere die Art der Bewirtschaftung des Geländes Bedeutung. Im einzelnen folgt dann unter Berücksichtigung der Gefälls-, Boden- und Grundwasserverhältnisse das spezielle Projektiren der Drainsysteme mit Festlegung der Länge, Tiefenlage, gegenseitigen Entfernung und Dimensionen der Stränge. Die Kostenberechnung wird durch vergleichende Ueberschläge über verschiedene mögliche Varianten des Projekts und über die Frage zu entscheiden haben, ob die zu erwartende Steigerung der Bodenrente eine Rentabilität des projektirten Unternehmens verspricht. Nur bei ganz einfachen Drainagen wird das Drainnetz ohne umfassende Planaufnahme zu disponiren sein; in diesem Falle sollte aber wenigstens über die Ausführung ein genauer Plan gefertigt werden zur späteren Orientirung für den Fall etwa nötiger Aufsuchung von Defekten.

Litteratur: [1] Jonstone, John, The mode of draining land, according to the system practiced by the late M. Joseph Elkington, London 1841. — [2] Parkes, Josiah, Essays on the philosophy and art of land-drainage, London 1844 u. 1845. — [3] Doblhoff, A., Ueber die Drainage, Leipzig 1851. — [4] Leclerc, J., Anleitung zur praktischen Drainage, Deutsch von Werdermann, Berlin 1856. — [5] Vincent, L., Die Drainage, deren Theorie und Praxis, 5. Aufl., Leipzig 1873. — [6] Perels, E., Die Trockenlegung versumpfter Ländereien, mit besonderer Berücksichtigung der Drainage, Berlin u. Leipzig 1875. — [7] Perels, E., Handbuch des landwirtschaftlichen Wasserbaus, Berlin 1877. — [9] Dünkelberg, Encyklopädie und Methodologie der Kulturtechnik, Braunschweig 1883. — [8] Dünkelberg, Der Wiesenbau in seinen land-

wirtschaftlichen und technischen Grundlagen, Braunschweig 1877. — [10] Hess, Handbuch der Ingenieurwissenschaften, Leipzig 1882, Bd. 3, 2. — [11] Toussaint, Die Bodenkultur und das Wasser, Breslau 1872. — [12] Kreuter, F., Praktisches Handbuch der Drainage, Wien 1887. — [13] Merl, F., Neue Theorie der Bodenentwässerung, Ansbach 1890. — [14] Gerhardt, Umgestaltung der Drainagebauten von Längsdrainagen zu Querdrainagen, Berlin 1891, Sonderabdruck aus dem Zentralblatt der Bauverwaltung. — [15] Heusinger von Waldegg, E., Die Ziegel- und Röhrenfabrikation, Leipzig 1876. *Lubberger.*

Drainage der Tunnelgewölbe. Die sorgfältige Ausführung einer Entwässerung der Tunnelgewölbe ist eine sehr wesentliche Bedingung für die gute Erhaltung und den Bestand von Tunnelbauten. Bei der Störung, welche der Einbau unterirdischer Bauten in den Wasserverhältnissen des Gebirges hervorruft, kann es nicht wundernehmen, wenn sich fast bei jedem derartigen Bau Wasser über und hinter dem Gewölbe ansammelt, welchem ein regelmässiger, für den Bestand der Gewölbe unschädlicher Abfluss angewiesen werden muss. Wo man dies — wie bei den meisten älteren Tunnelbauten — im Anfang versäumt hat, ist man meist genötigt gewesen, dies Versehen mit erheblich grösserem Kostenaufwand nachzuholen, um die vollständige Zerstörung des Mauerwerks, wie sie namentlich bei dem gleichzeitigen Hinzutritt von Frost erfolgt, aufzuhalten. Hiernach hat man zu unterscheiden zwischen einer Entwässerung der Tunnelgewölbe beim Bau derselben und einer nachträglichen Trockenlegung der Tunnelgewölbe. Als Massnahmen ersterer Art sind zu bezeichnen:

a. Das Aufbringen einer starken Zementdecke auf das Gewölbe. Dasselbe hat sich nicht bewährt, weil die Zementdecke Risse erhält und dann Wasser durchlässt; man hat daher

b. auf die Zementdecke eine Lage Asphaltfilzplatten oder Dachpappe aufgebracht, indes auch hierbei keine guten Erfahrungen gemacht, da, abgesehen von der Schwierigkeit einer sorgfältigen Herstellung der Deckung, sehr bald eine Zerstörung derselben durch den Gebirgsdruck eintritt. Beim Bau des Schwarenbergtunnels bei Stuttgart ist in einer 72 m langen Druckpartie versuchsweise eine Sicherung der Asphaltbedeckung durch Einlegen von Siebels Patent-Blei-Isolirplatten bewirkt worden. Ob sich dieselbe bewährt, dürfte noch abzuwarten sein. In den meisten Fällen hat man sich daher

c. mit einer trockenen Hintermauerung des Gewölbes begnügt, bei welcher nicht nur eine gute Anpassung an das Gebirge, sondern bei Verwendung hinreichend grosser und fester Steine anfänglich auch eine gute Wasserabführung durch die Fugen der Steinpackung erreicht wird. Selbstverständlich hat man für den Abfluss dieses Wassers durch Einbau von Kanälen in Höhe der Kämpfer und über Planum zu sorgen. Bei thonhaltigem Gebirge versetzen sich aber die Hohlräume der Steinpackung sehr bald durch den von dem Wasser mitgeführten Schlamm, und der Wasserabfluss durch die Kanäle hört allmälich auf, während die Durchnässung der Gewölbe zunimmt.

d. Die Herstellung von Sammelrinnen hinter dem Gewölbe durch Einlegen von Strohseilen in die Zementhinterfüllung, welche nach der Erhärtung des Zements ausgebrannt werden, setzt eine sehr sorgfältige Ausführung voraus und wirkt nicht sicher, sobald Gebirgsdrücke eintreten. Weit besser ist schon die von F. Rziha in erster Linie empfohlene [1]

e. Einlegung von Drainröhren hinter den Gewölben nach einem regelmässigen System von senkrechten Haupt- und geneigten Seitenröhren, welche in die nasse Hintermauerung eingelegt werden. Die Kosten sollen sich auf nur 6—9 *M.* pro lfd. m Tunnel (als Zuschlag zu den Kosten der Mauerung) stellen.

f. Die Aufbringung einer Ziegelflachschicht, welche durch Aufmauerung über dem Scheitel eine stärkere Neigung erhält und in ihrem unteren Teil mit einer Asphaltfilzplattenschicht abgedeckt ist. Ueber die Flachschicht werden Kanäle eingelegt, welche das Wasser bis in die Tunnelschleuse abführen [2]. Die Mehrkosten pro lfd. m Tunnel sollen betragen:

1,50	cbm	Ausbruch à 9,0 *M.* . . . =	13,50 *M.*
1,20	„	Hintermauerung à 15,0 *M.* =	18,00 „
9	qm	Ziegelflachschicht à 4,0 *M.* =	36,00 „
10	„	Asphaltfilzplatten à 5,0 *M.* =	50,00 „
		Summa	117,50 *M.*

Bei all den angeführten Methoden wird der Erfolg ganz wesentlich von der sorgfältigen Ausführung abhängen, die allerdings unter den schwierigen Verhältnissen eines Tunnelbaues, namentlich unter der Einwirkung von Gebirgsdruck schwer zu gewährleisten ist. Man ist daher sehr häufig in die Notwendigkeit versetzt, diese Entwässerung bei fertigen Tunnels nachträglich auszuführen. Am gründlichsten wird dies durch Ueberfahren und Abdecken des Gewölbes geschehen und sollen die Kosten hierfür pro lfd. m Tunnel betragen [2]:

12	cbm	Ausbruch à 12,0 *M.*	= 144,00 *M.*
3,5	„	Mauerung incl. Zement und Ziegelabdeckung à 25,0 *M.*	= 87,50 „
8,5	„	Trockenpackung à 12,0 *M.*	= 102,00 „
		Summa	333,50 *M.*

Als ein recht zweckmässiges Mittel zur nachträglichen Dichtung einer Tunnelkappe hat sich nach dem Vorgang beim Forsttunnel der Schwarzwaldbahn [3] das Einpumpen von Portlandzement erwiesen. Auf einem zweckmässig eingerichteten und leicht zu entfernenden Gerüst bohrte man je nach dem Wasserzudrang eine grössere oder kleinere Anzahl von Löchern von 4 cm Weite durch die ganze Wölbstärke. Dann wurden sämtliche, bis auf 2 cm Breite aufgehauenen und bis auf 5 cm Tiefe ausgekratzten Lagerfugen mit einer Wergkalfaterung versehen und mit Zement verstrichen, so dass das Wasser nur noch aus den Bohrlöchern austrat. In diese Bohrlöcher wurde nun mittelst Druckpumpen Portlandzement in verdünnter Lösung (Zementmilch) eingebracht. Das Einpumpen wurde im Scheitel begonnen und, nach den Kämpfern fortschreitend, so lange fortgesetzt, bis aus den benachbarten Löchern Zementmilch herausfloss und sodann das Pumploch mit einem wergumwickelten Holzzapfen schnell geschlossen. Zur Abführung des Wassers wurden in der Nähe der Kämpferfuge zwischen den schon vorhandenen Schlitzen neue Löcher eingebohrt. Das Mittel hat sich dort sowie noch in einigen anderen Fällen, wie z. B. an der Moselbahn, gut bewährt und 46,5 *M.* pro lfd. m Tunnel gekostet.

Litteratur: [1] F. Rziha, Lehrbuch d. ges. Tunnelbaukunst, Bd. 2, S. 249. — [2] Deutsche Bauzeitung 1881, S. 326. — [3] Ebendaselbst 1873, S. 344. *v. Oer.*

Drainageeinrichtung, bei einem Schiffe, nennt man alle jene Vorrichtungen, welche dazu dienen, das in den Schiffsraum eingedrungene Wasser rasch und sicher zu den Pumpen zu führen und durch diese über Bord zu schaffen, sowie bestimmte Räume mit Seewasser bequem zu füllen. Diese Anordnung ist im besonderen bei Kriegsschiffen notwendig, bei denen eine Beschädigung der Aussenhaut unter Wasser durch einen Torpedo- oder Rammangriff zu erwarten steht, so dass teilweise grosse Wassermengen beseitigt werden müssen, teilweise, um das Schiff manövrirfähig zu erhalten, die entsprechenden Räume der anderen Bordseite zu überfluten sind. Auch wird es bei Bränden an Bord notwendig, die Munitionsräume unter Wasser zu setzen. Zwar wird die Schwimmfähigkeit bei havarirten Kriegsschiffen in der Hauptsache durch die Trennung des Schiffsrumpfes in möglichst viele wasserdichte Abteilungen (Kompartements) gesichert; doch kann eine sachgemässe Drainageeinrichtung in Verbindung mit Leckstopftüchern etc. das Schiff vor dem Sinken bewahren. Zur Bewältigung grösserer Wassermassen dienen allein Dampfpumpen, welche zum grossen Teil wie die Zirkulationspumpe, Maschinenlenzpumpe, Dampffeuerspritze im Maschinenraum aufgestellt sind, oder auch besondere Dampflenzpumpen. Man muss daher Vorkehrungen treffen, das Wasser aus den Bilgen der Haupträume durch Rohrleitungen zu diesen Pumpen zu führen, und dient hierzu hauptsächlich das Hauptdrainagerohr oder Entwässerungsrohr. Dasselbe läuft durch die ganze Länge des Doppelbodens (meist $^2/_3$ der Schiffslänge) und erhält das Leckwasser durch mit Ventilen versehene Zweigrohre aus jeder wasserdichten Abteilung über dem Doppelboden und eventuell aus den oberen Seitenzellen des Doppelbodens und den Wallgängen. Die Schieber an den Enden des Drainagerohres gestatten ferner, die Schiffsräume vor und hinter dem Doppelboden zu lenzen. Das Rohr erhält an geeigneten Stellen Zisternen, nach welchen hin das Rohr Fall hat und aus welchen die Dampfpumpen saugen. Es besteht aus kurzen, mit einander verschraubten Rohrstücken aus verzinktem Stahlblech und wird durch die wasserdichten Schotten und Spanten wasserdicht durchgeführt. Bei

grösseren Panzerschiffen sind meist zwei Drainagerohre im Doppelboden zu beiden Seiten des Mittelkieles angeordnet, während bei Panzerdeckschiffen zwei weitere Drainagerohre auf dem Panzerdeck entlang geführt sind mit entsprechenden Stutzen zur Entwässerung der Räume oberhalb des Panzerdecks; sie werden meist durch eine besondere Dampflenzpumpe entleert. Das Lenzen der Doppelboden-Räume erfolgt entweder mit Handpumpen oder, wie auf den französischen Kriegsschiffen eingeführt [2], [5], durch ein besonderes, mit einer Dampfpumpe in Verbindung stehendes Drainagerohr, welches meist unter dem Panzerdeck gelagert und mit den Doppelboden-Räumen durch entsprechende Rohrleitungen verbunden ist. In diesem Falle werden dann auch die Wallgänge durch dieses Drainagerohr gelenzt. Zur besseren Uebersicht und Vereinfachung der Rohrleitung vereinigen sich die Lenzrohre mehrerer Bodenabteilungen in einem Ventilkasten, welcher dann mit dem Drainagerohr in Verbindung steht. Dieses Drainagerohr erhält ferner meist durch Kingston-Ventile Verbindungen mit See und durch Rohrleitungen Anschluss an die Munitionskammern, so dass

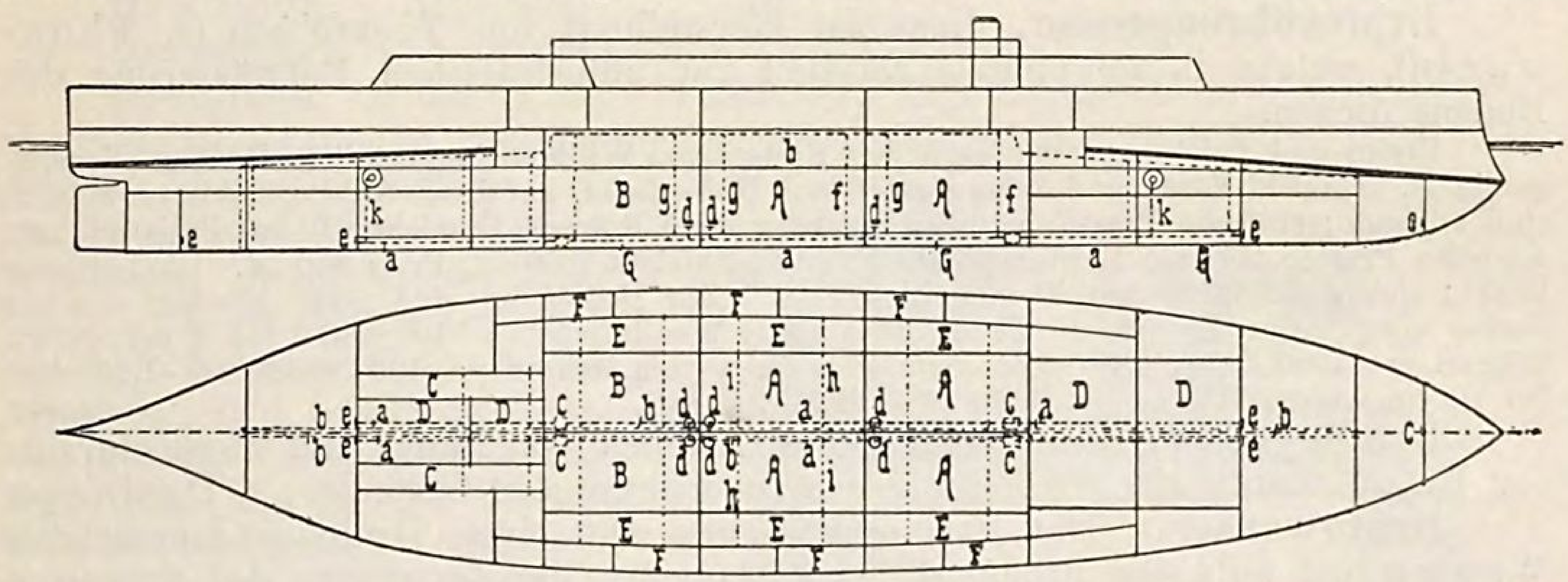


Fig. 1. *A* Kesselraum. *B* Maschinenraum. *C* Wellentunnel. *D* Munitionsräume. *E* Kohlenbunker. *F* Wallgang. *G* Doppelboden. *a* grosses, *b* kleines Drainagerohr. *c* Zisterne. *d* Ventil zur Verbindung der Räume mit *a*. *e* Schleusenschieber. *f* Verbindungsrohr zwischen *a* und *b*, *g* zwischen *G* und *b*, *h* zwischen *F* und *a*, *i* zwischen *F* und *b*, *k* zwischen Zentrifugalpumpe und *a*.

es zugleich zum Ueberfluten dieser Räume sowie der Doppelbodenzellen benützt wird. Sonst erfolgt die Ueberflutung der Munitionskammern durch besondere Rohrleitungen. Den Dampf für die Lenzpumpen liefern entweder die Hauptkessel oder der Hilfskessel, welcher dann so hoch im Schiff aufgestellt wird, dass derselbe auch bei überfluteten Heizräumen betriebsfähig bleibt. Die Handpumpen, welche, neben dem Lenzen des Doppelbodens, zum Deckwaschen, Feuerlöschen, Frischwasserpumpen verwendet werden, führt man meist nach der Konstruktion von Downton oder Stones aus [3], [6]. Es sind doppeltwirkende Pumpen mit Windkessel und 2—4 Kolben, welche durch Handkurbeln bedient werden. Sie sind mit einer Wechselplatte oder einem Ventilkasten derart verbunden, dass sie durch Einschalten eines Schwanenhalses oder durch Stellen bestimmter Ventile mit verschiedenen Rohrleitungen verbunden werden können. Sie liefern nur bis zu 25 t Wasser per Stunde und werden daher bei grösseren Schiffen mehr und mehr durch Dampfpumpen ersetzt. Neben den Dampf- und Handpumpen finden fast auf allen Schiffen, im besonderen auf Torpedofahrzeugen, Lenz-Ejektoren — Dampfstrahlpumpen — Verwendung, welche leicht eingebaut werden können und aus der Bilge der betreffenden Räume direkt lenzen. Sie erfordern jedoch eine grosse Menge Dampf. Zur Ermittelung des Wasserstandes in den einzelnen wasserdichten Abteilungen von den oberen Decks aus dienen besondere Peilrohre. Zur Uebersicht der Drainage- und Pumpeneinrichtung auf Kriegsschiffen dienen Lenztafeln, welche eine schematische Darstellung der wasserdichten Räume des Schiffes mit den Drainagerohren, Stutzen, Ventilen, Schleusen, Pumpen etc. wiedergibt [3]. Fig. 1 u. 1 a zeigen die Anordnung der Drainageeinrichtung eines Panzerschiffes [4]. — Bei den Handelsschiffen ist die Drainageeinrichtung weniger ausgebildet, obgleich in neuerer Zeit auch hier Vorkehrungen

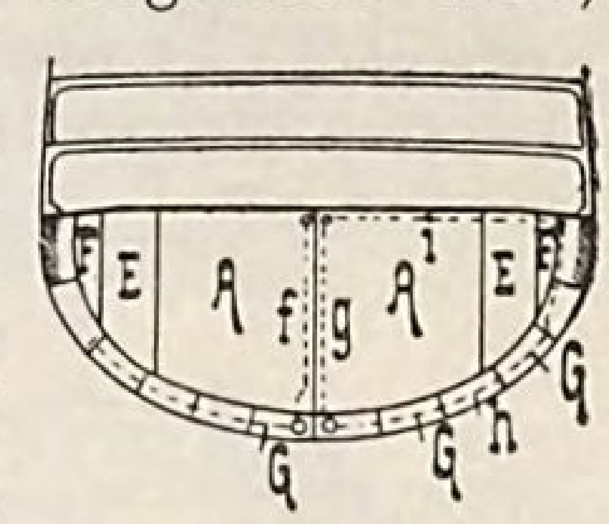


Fig. 1 a.

getroffen werden, durch Vermehrung der wasserdichten Schotte, Einführung eines Doppelbodens, der zugleich als Wasserballastraum dient, Verwendung der mit der Hauptmaschine zusammenhängenden Pumpen zum Lenzen und Einführung besonderer Dampflenzpumpen die Sicherheit des Schiffes zu erhöhen [1].

Litteratur: [1] Mitteilungen aus dem Gebiet des Seewesens 1881, S. 529. — [2] Hauser, Cours de constr. navale, Paris 1886. — [3] Dick J. Kretschmer, Handbuch der Seemannschaft, Berlin 1892. — [4] Welch, Text Book of Naval Architecture, London 1889. — [5] P. Guillaume, Machines auxiliaires, Paris 1887. — [6] Busley, Die Schiffsmaschine, Kiel 1883/86. — [7] A. Croneau, Construction pratique des navires de guerre, Paris 1895. *Tj. Schwarz.*

Drainbewässerung, Bewässerung mit dem aus einer Drainage kommenden Wasser (s. Petersen'scher Wiesenbau in Bewässerungssystem, Bd. 2, S. 321, und Untergrundbewässerung.

Drainirpflug, besteht aus einem stark gewölbten eisernen Keil und einem kräftigen, durch Winde und Ketten mit Dampfkraft gezogenen Pflugkörper; er dient zum Ziehen von Hohlrinnen in der Tiefe an Stelle von Drains, ist aber wenig in Gebrauch.

Drainröhrenpresse, dient zur Herstellung von Thonröhren (s. Thonwaren), welche in gebranntem Zustand zur unterirdischen Entwässerung des Bodens dienen.

Preise und Leistungen der nach dem System von Williams hergestellten Pressen (Bezugsquelle H. Cegielski-Posen und Ackergerätefabrik Hohenheim, auf deren Kataloge wir verweisen) sind folgende: einfache Presse: tägliche Leistung 3500 Röhren, Gewicht 610 kg, Preis 465 ℳ; doppelte Presse: tägliche Leistung 4500 Röhren, Gewicht 1300 kg, Preis 850 ℳ. Die Leistung bezieht sich auf Röhren von 40 mm Lichtweite. Zur Bedienung sind zwei Männer und ein Junge nötig. Der Bedarf an Thon ist je nach Wandstärke (5—10 mm): bei 3 cm weiten Röhren pro 1000 Stück 0,45—0,65 cbm, bei 5 cm weiten Röhren pro 1000 Stück 0,9—1,20 cbm, bei 10 cm weiten Röhren pro 1000 Stück 2,5—2,9 cbm. *Strebel.*

Drainsystem, zusammengehörige Gruppen von Saug- und Sammeldrains zur Entwässerung einer Abteilung des zu drainirenden Geländes; s. Drainage.

Drainwasser. Die Bestandteile des aus einer Drainage kommenden Wassers sind teilweise Produkte der Auslaugung, der Zersetzung des drainirten Bodens, teilweise ursprüngliche oder zersetzte Beimengungen des zur Bewässerung aufgeleiteten Wassers (s. Bodenchemie, Berieselung mit städtischem Kanalwasser, Petersen'scher Wiesenbau in Bewässerungssysteme und [1].

Litteratur: [1] Perels, Handbuch d. landw. Wasserbaues, Berlin 1877, S. 430. *Lubberger.*

Drainwerkzeuge, s. Drainage.

Drainzüge, die zusammenhängenden Rohrstränge der Drains; s. Drainage.

Draisine, leichtes, offenes, mit Sitzen und Bewegungsvorrichtung ausgestattetes Fahrzeug, das beim Bau und Betrieb der Eisenbahnen für dienstliche Beförderungen auf kürzere Strecken dient. Der Antrieb der Draisine erfolgt

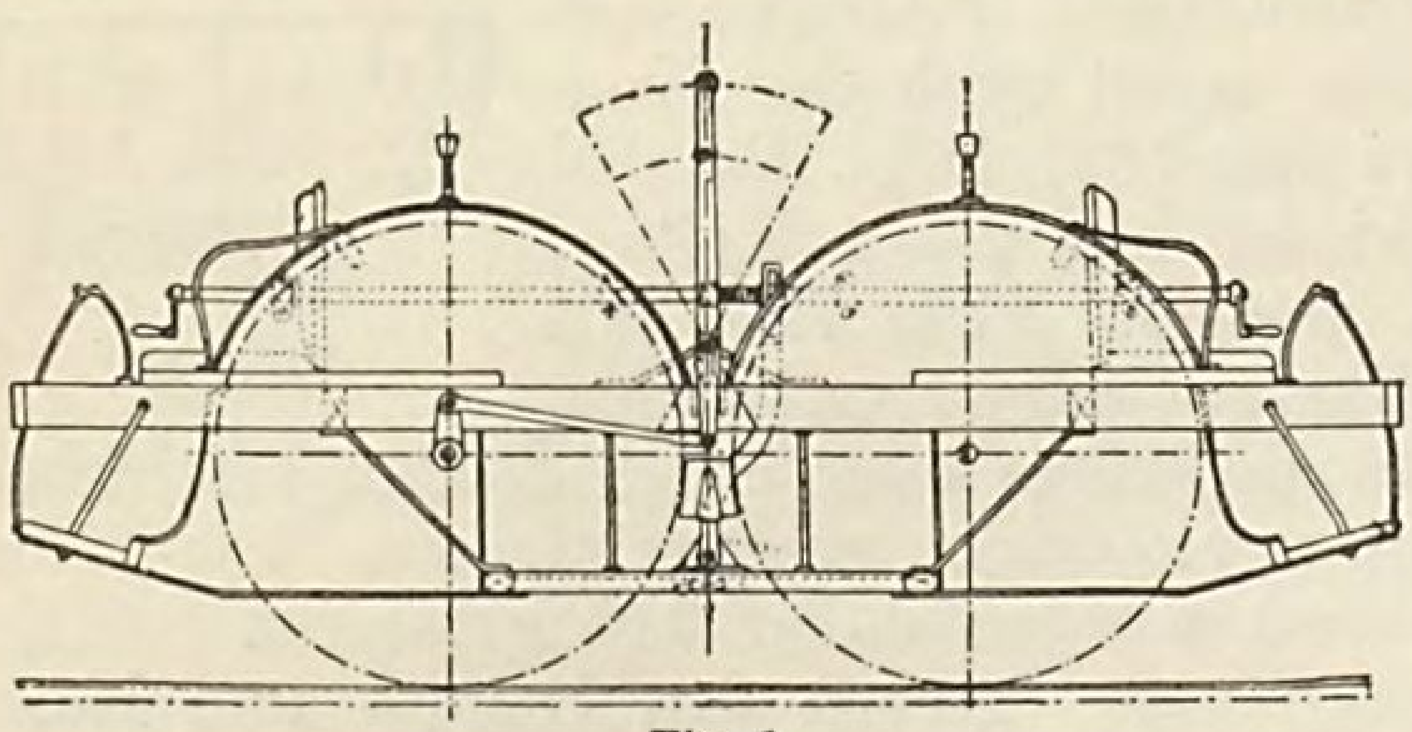


Fig. 1.

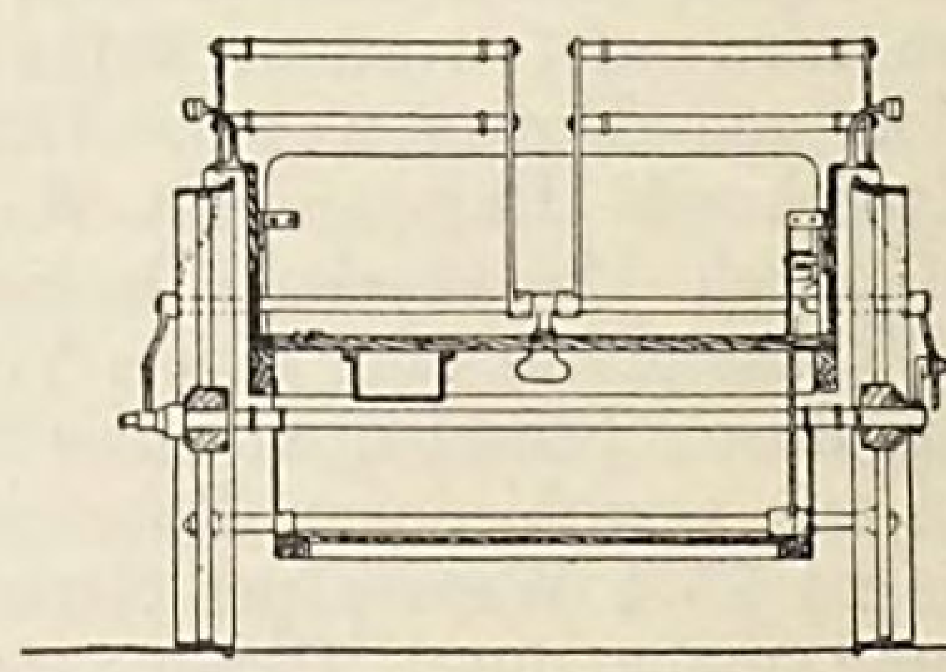


Fig. 1 a.

durch menschliche Muskelkraft (mittelst Händen oder Füssen oder beider gleichzeitig); auch die Kraft des Windes und die Dampfkraft haben Verwendung gefunden. Nach der Art der Bewegungsvorrichtung unterscheidet man Draisine mit Balancier und Hebel (System Rathgeber, Fig. 1 und 1 a, System Plank, auch für grössere Steigungen benützbar), mit Kurbel und Zahnrädern, Kurbel und Friktionsscheiben, Hebel und Zahnrädern, Kettenübertragung. In neuerer Zeit werden namentlich für Bahnmeister sehr leichte Draisinen mit einem Laufrade oder auch zwei Laufrädern, zwei Treibrädern, für eine Person, höchstens zwei Personen, die zugleich Treiber sind — Eisenbahn-Velociped, System Koppel (Fig. 2) — gebaut; sie wiegen 50—70 kg und kosten 200—400 ℳ.

Die mit Draisinen erreichbare Fahrgeschwindigkeit beträgt 15—20 km in der Stunde. — Siehe auch Fahrrad.

Litteratur: Goschler, Traité d'exploitation des chemins de fer, 2. Aufl., Paris 1881. — Rühlmann, Allg. Maschinenlehre, Bd. 3, Braunschweig 1877. — Heusinger, Handb. für spezielle Eisenbahntechnik, Bd. 2, Leipzig 1883. — Meyer, Grundzüge des Eisenbahnmaschinenbaues, Berlin 1885. — Glasers Annalen für Gewerbe u. Bauwesen 1888, Bd. 22. — Weissenbruch, Bulletin de la commission internationale du congrès des chemins de fer 1892. — Birk, Stein der Weisen, Wien 1894.

Alfred Birk.

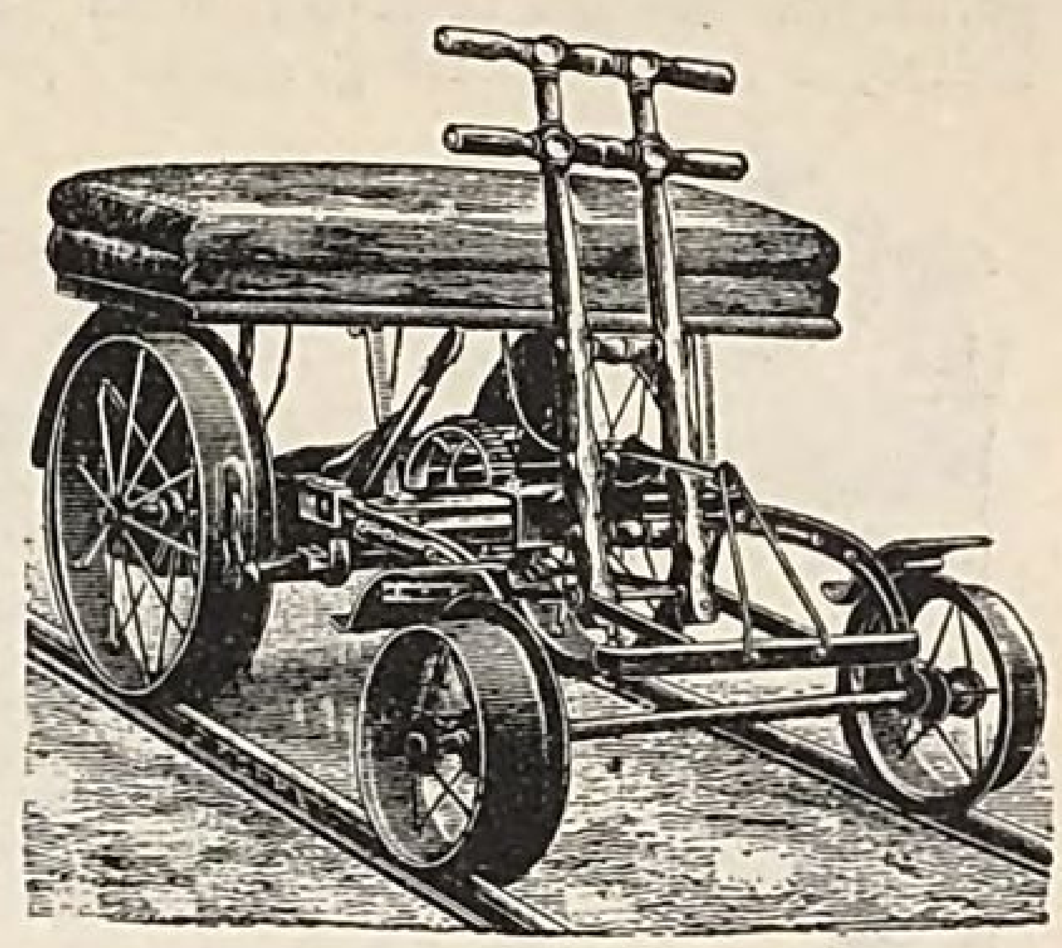


Fig. 2.

Drap, auch Köpertuch genannt, ist ein gewöhnlich mit vierbindigem Köper und hoher Kettenfadenzahl aus Streichgarn gewebtes, ausserordentlich dichtes, selbst wasserdichtes, tuchartiges Gewebe. S. Tuchfabrikation.

Drechseln, s. Drehen.

Dreganker, s. Schiffsanker.

Drehbank ist die in den Werkstätten der Metallarbeiter am häufigsten angewendete Maschine, welche die bequeme und genaue Herstellung aller Umdrehungskörper ermöglicht; sie wird auch zum Bohren vielfach verwendet. Während die Drehbänke für Holzarbeiten (Drechselbänke) früher allgemein und auch jetzt noch sehr häufig grösstenteils aus Holz hergestellt waren, sind heute alle für den Metallarbeiter bestimmten Drehbänke durchweg aus Metall gefertigt, insbesondere mit einem eisernen Gestell versehen, welches neben genauerer Ausführung gegenüber den hölzernen einen festeren Stand der ganzen Bank gewährt. Die Drehbänke für Holz und für leichte Metallarbeiten werden durch den Fuss des Arbeiters in Bewegung gesetzt; alle grösseren, namentlich alle in Fabriken angewendeten Drehbänke sind zum Betriebe durch Maschinenkraft eingerichtet. Wenn auch in der Grösse und Ausführung einzelner Teile mancherlei Verschiedenheiten, entsprechend besonderen Zwecken, zu bemerken sind, so stimmen doch im wesentlichen alle Drehbänke mit einander überein.

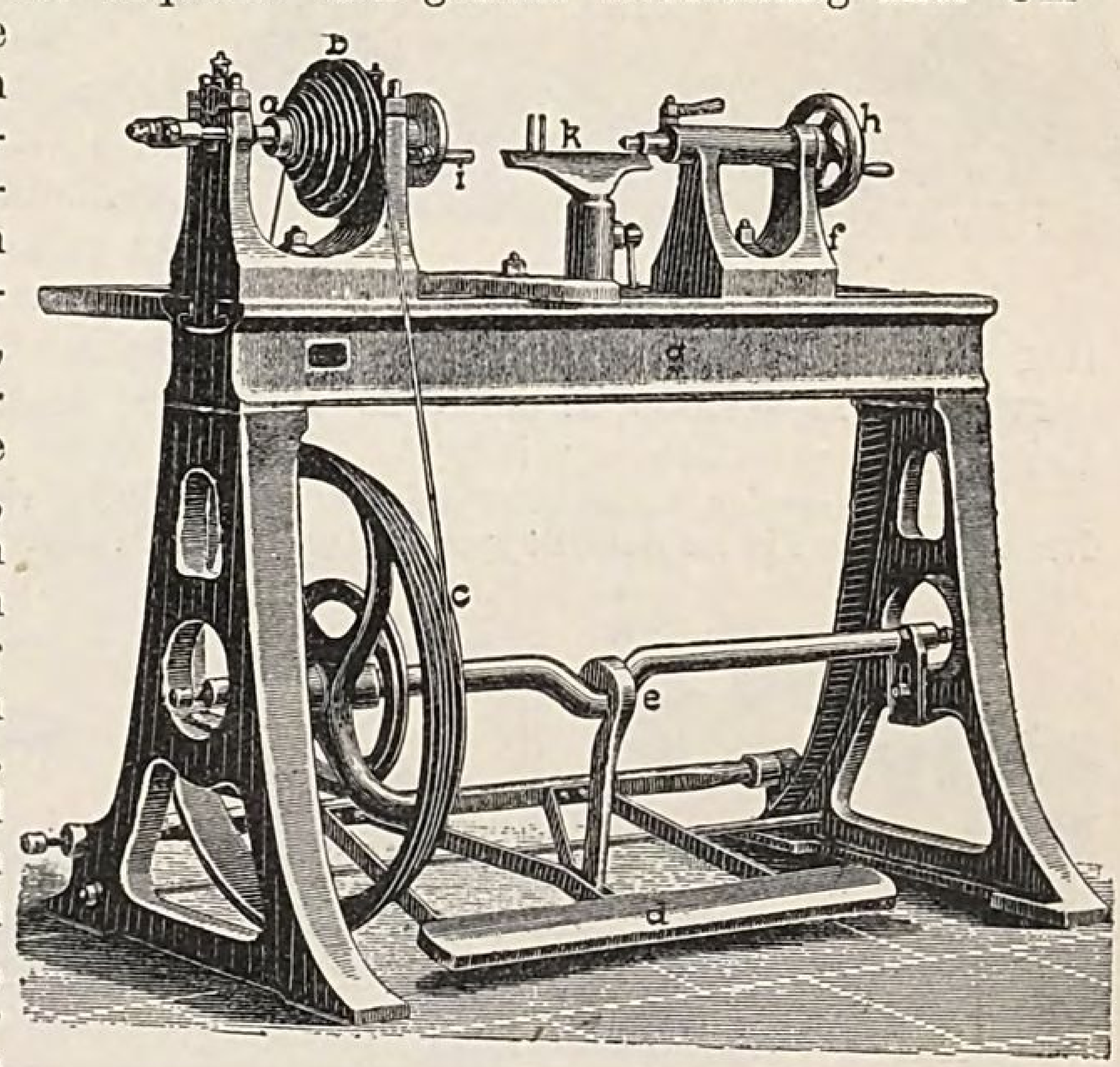


Fig. 1.

In Fig. 1 ist eine einfache Drehbank mit Fussbewegung dargestellt, wie sie für leichte Metallarbeiten und auch zum Metalldrücken Verwendung findet. Der wesentlichste Teil ist die in zwei Lagern des Spindelstockes unterstützte Spindel a, welche durch eine auf die Stufenscheibe b geführte Schnur von dem unterhalb gelagerten Schwungrade c bewegt wird, dessen Umdrehung durch einen Krummzapfen e und den Tritthebel d aus der Figur ersichtlich ist. Der abzudrehende, beiderseits angekörnte (s. Ankörnen) Gegenstand findet seine Unterstützung einerseits in einer konischen Stahlspitze der Spindel, andererseits in einer ebensolchen des Reitstockes f, welcher zu dem Behufe auf den Wangen des Gestelles oder Bettes g verschoben und in der bestimmten Entfernung von der Spindel festgeschraubt werden kann. Durch eine an dem Handrade h zu drehende Schraubenspindel im Innern des Reitstockes lässt sich dessen Spitze, der Reitnagel, genügend fest gegen das Arbeitsstück drücken, um einem Schlottern desselben bei der Umdrehung vorzubeugen. Die Mitnahme des Werkstückes durch die Spindel vermittelt der Mitnehmer i, ein Stift, welcher sich gegen das auf das Arbeitsstück geschraubte Drehherz legt. Zur Unterstützung des aus freier Hand geführten Stichels oder Drehmeissels dient die Auflage oder Vorlage k, welche gleichfalls auf dem Bett verschoben und auch entsprechend der Arbeit vor- oder zurückgestellt und mehr oder minder gehoben werden kann. Damit man Arbeitsstücke von verschiedenem Durchmesser mit der passenden vorteilhaftesten Umfangsgeschwindigkeit bewegen kann (s. Drehen), ist die auf der Spindel befestigte Schnurscheibe mit mehreren Schnurläufen von verschiedenem Durchmesser versehen, denen eine gleiche

Anzahl von Läufen auf dem treibenden Rade *c* entspricht. In Fig. 2 ist eine kleine Drehbank für Maschinenbetrieb gezeichnet, bei welcher die Spindel durch einen auf die Stufenscheibe *b* geführten Riemen betrieben wird. Der Drehmeissel wird hierbei in das Stichelhaus (Stichelhalter) *c* des Supports gespannt, welches durch zwei Schraubenspindeln mittelst der Handkurbeln *d* und *e* nach zwei zu einander senkrechten Richtungen verschoben werden kann. Da man diesen Support an jeder Stelle des Bettes und unter beliebiger Richtung gegen die Spindel feststellen kann, so ist hierdurch die Möglichkeit gegeben, durch langsame Umdrehung der betreffenden Handkurbel jede cylindrische, konische oder zur Axe senkrechte ebene Fläche genau abzudrehen. Zur Herstellung gekrümmter und geschweifter Profile hat man die beiden Handkurbeln in dem durch die Gestalt des Profils gegebenen Verhältnisse gleichzeitig umzudrehen; doch hat man für häufig vorkommende Gegenstände dieser Art auch die Einrichtung so getroffen, dass der Stichel selbstthätig mit Hilfe einer Schablone die zur Erzeugung der gewünschten Form erforderliche Verschiebung nach den beiden zu einander senkrechten Richtungen erhält (Kurvensupport).

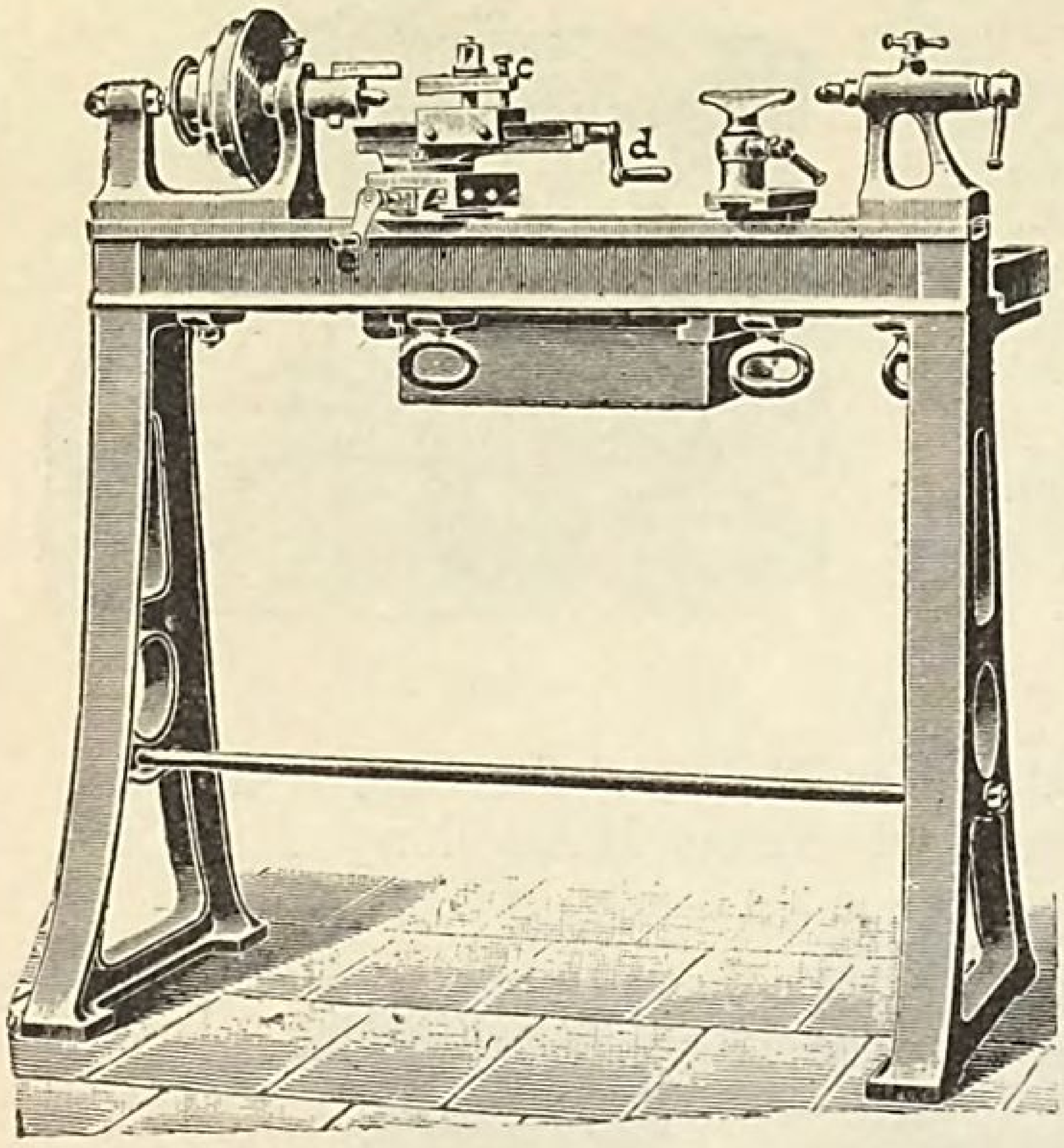


Fig. 2.

Will man längere cylindrische Gegenstände, wie Walzen, abdrehen, so macht man den ganzen Support auf dem Drehbankbett verschieblich und ordnet zur selbstthätigen Verschiebung nach der Länge des Gestelles an demselben eine fest gelagerte Schraubenspindel, die Leitspindel, an, deren Muttergewinde mit dem Support verbunden sind, so dass der letztere durch die Umdrehung der Leitspindel verschoben wird.

Eine derartige Leitspindelbank ist durch Fig. 3 veranschaulicht. Die Leitspindel *a*, in deren Gewinde die an dem Supporte *b* befestigte Mutter *c* mittelst der Handhabe *d* eingerückt

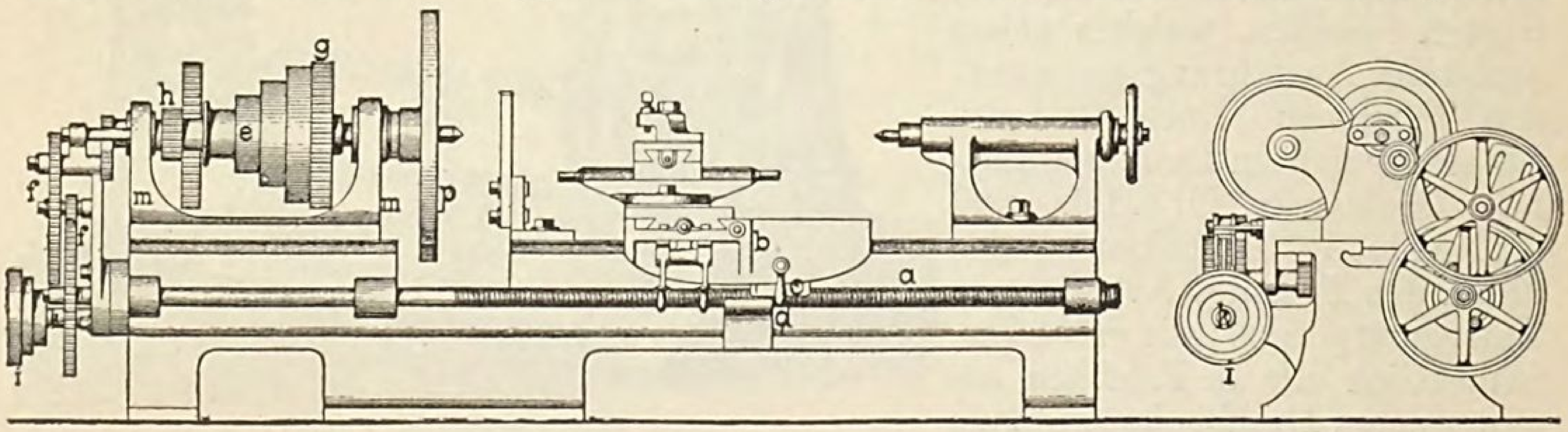


Fig. 3.

werden kann, erhält ihre Umdrehung von der Drehbankspindel *e* aus durch eine Anzahl zwischen die beiden gesetzter sogen. Wechselräder *ff*, durch deren gegenseitige Grösse man den Betrag der Supportverschiebung für eine Umdrehung der Spindel *e* beliebig festsetzen kann. Es ergibt sich aus dieser Anordnung, dass hierbei das Abdrehen eines cylindrischen Gegenstandes ganz selbständig ohne Mitwirkung des Arbeiters erfolgt und dass diese Drehbank sich auch zur Herstellung von Schraubengewinden jeder beliebigen Steigung *s* eignet, wozu nur die Wechselräder so auszuwählen sind, dass bei einer Umdrehung der Drehbankspindel *e* die Leitspindel *a* in dem Betrage $\frac{s}{l}$ einer Umdrehung gedreht wird, wenn *l* die Ganghöhe der Leitspindel bedeutet. Bei der angeführten Drehbank sind auf die Spindel neben der vierstufigen Riemscheibe noch zwei Stirnräder *g* und *h* gesetzt, welche in zwei andere Räder auf einer besonderen Vorgelegewelle eingreifen, wodurch ein doppeltes Vorgelege entsteht, durch das eine erhebliche Verlangsamung der Bewegung, wie bei dem Drehen von Gegenständen mit sehr grossem Durchmesser erforderlich, entsteht. Je nachdem man dieses Vorgelege einrückt oder ausschaltet, kann man mittelst der vier Stufen der Riemscheibe im ganzen acht verschiedene Geschwindigkeiten erzielen, welche man passend so anordnet, dass sie die Glieder einer geometrischen Reihe bilden. Die Stufenscheibe *i* dient dazu, eine hinterhalb gelagerte Welle *k* ebenfalls von der Spindel *e* aus umzudrehen, und man benützt diese ihrer ganzen Länge nach genutete Welle, um mittelst einer auf ihr verschieblichen Schraube ohne Ende ebenfalls den Support der Länge nach zu verschieben, wenn es sich um das Abdrehen cylindrischer Walzen oder von Transmissionswellen handelt, wobei es auf eine so genaue Verschiebung nicht ankommt, wie sie für die Herstellung von Schraubengewinden erforderlich ist. Auch verwendet man diese Welle zur selbstthätigen

Querverschiebung des Supports zum Zwecke des Plandrehens. Die Aussparung des Bettes unmittelbar vor der Planscheibe *p* dient dazu, um Gegenstände von grösserem Durchmesser und geringer axialer Länge, wie z. B. Riemenscheiben, abdrehen zu können, ohne dass dazu erforderlich ist, dem Spindelkasten *m* eine erhebliche Höhe zu geben, mit welcher eine Verringerung der Standfähigkeit verbunden sein würde.

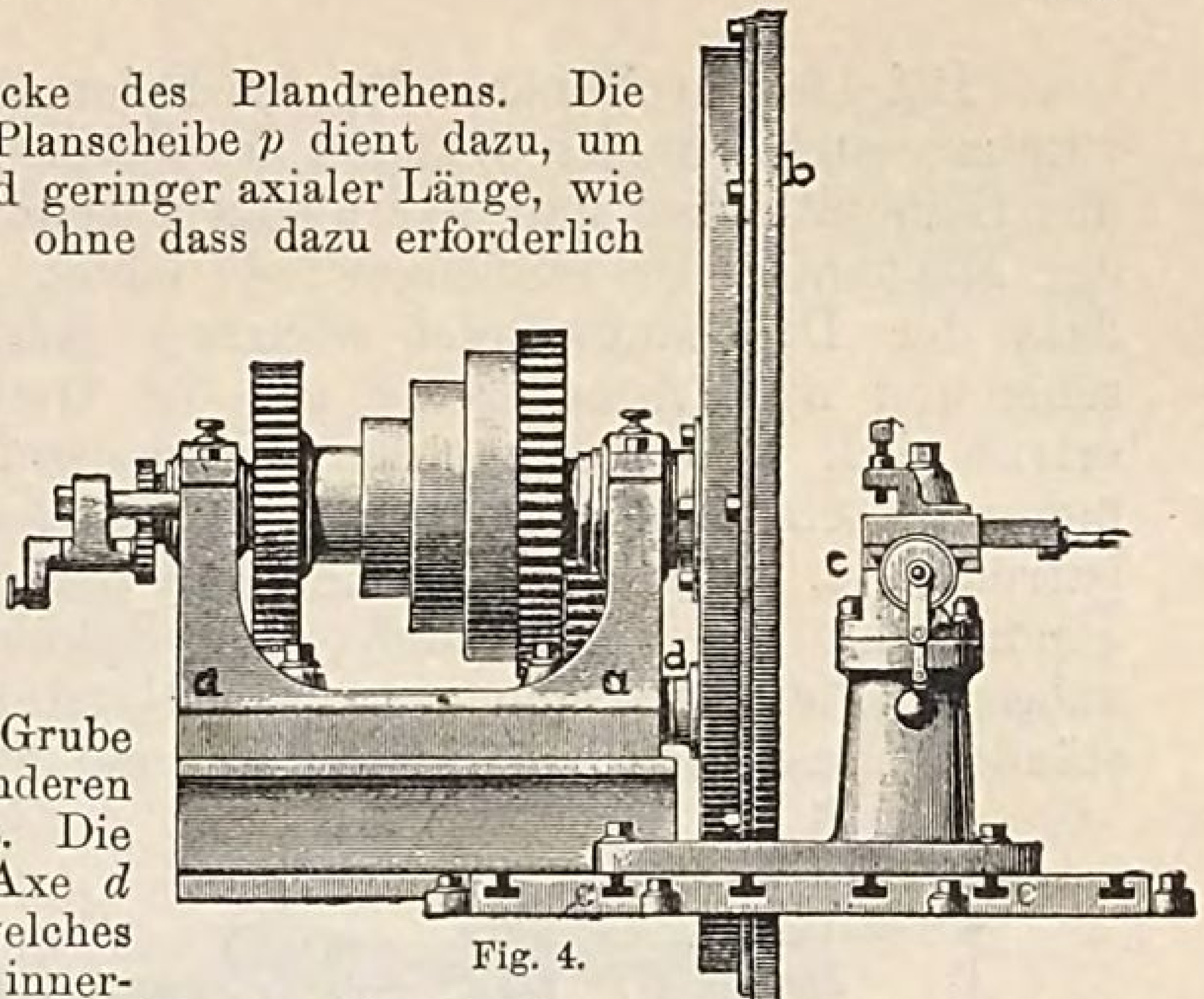


Fig. 4.

In welcher Art die Stirndrehbänke zum Abdrehen grösserer Scheiben ausgeführt werden, ist aus Fig. 4 ersichtlich, worin unter gänzlicher Weglassung des Reitstockes nur der Spindelstock *a* vorhanden ist und wo die auf dem vorderen Spindelende angebrachte Planscheibe *b* unten teilweise in eine Grube hineinragt, über welcher der auf einem besonderen Ständer angebrachte Support *c* befindlich ist. Die Spindel wird hierbei durch ein auf der Axe *d* angebrachtes Zahnradgetriebe umgedreht, welches in eine an der Planscheibe *b* angebrachte innerliche Verzahnung eingreift und von der Spindel aus durch das gewöhnliche doppelte Zahnradvorgelege bewegt wird.

In Fig. 5 ist eine Drehbank mit zwei Spindelstöcken *a a* dargestellt, wie sie angewendet wird, um die Räder der Eisenbahnaxen abzudrehen, welche letzteren zwischen die Spitzen der beiden Spindeln eingespannt werden. Zum gleichzeitigen Abdrehen beider Räder sind hier zwei Supports *b b* angebracht, ja man hat solche Bänke zur Beschleunigung der Arbeit auch mit vier Supports ausgerüstet, so dass jedes Rad gleichzeitig von zwei Meisseln,

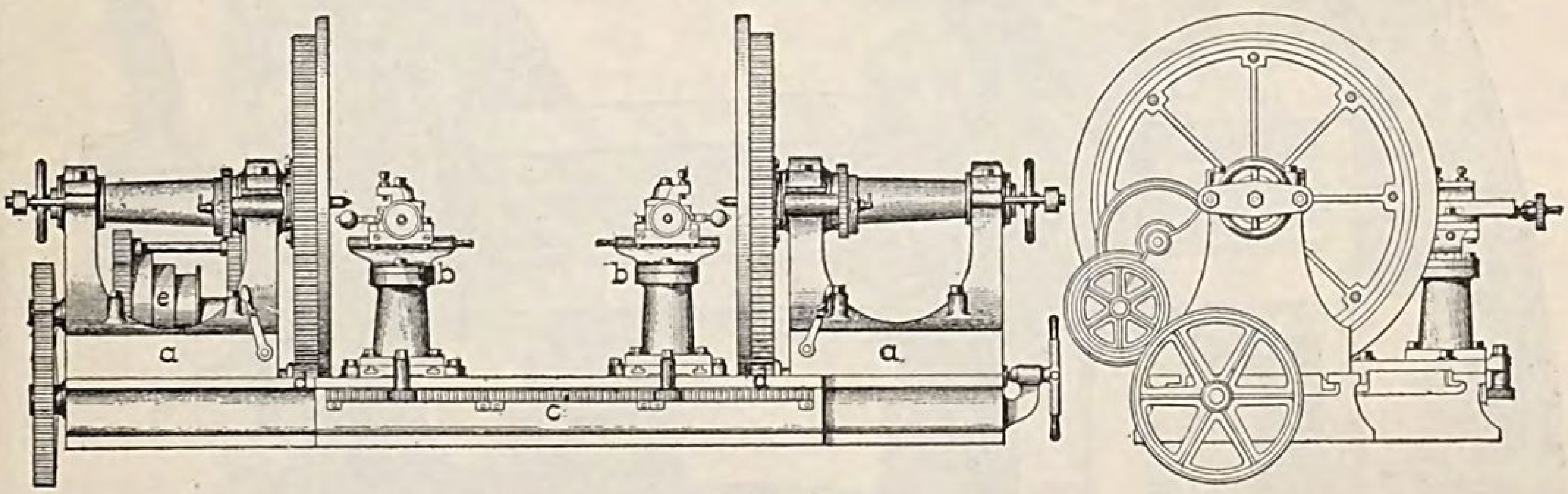


Fig. 5.

einem vorn und einem hinten, bearbeitet werden kann. Zum bequemen Versetzen dieser Supports dient die am Gestelle feste Zahnstange *c*, in die zwei Getriebe an den Supportplatten eingreifen. Um bei der gleichzeitigen Bearbeitung beider Räder die Axe nicht einer übermässigen Torsion auszusetzen, sind derartige Drehbänke so eingerichtet, dass beide Spindeln angetrieben werden, zu welchem Zwecke jede der Planscheiben mit einem Zahnkranze versehen ist, in den ein Getriebe *d* eingreift, das auf der nach der ganzen Länge hindurchgeführten Welle sitzt, die von der Stufenscheibe *e* aus mittelst des üblichen doppelten Rädervorgeleges angetrieben wird.

Zum Abdrehen grösserer scheibenförmiger Gegenstände, wie Räder, hat man in den Vereinigten Staaten in neuerer Zeit auch vielfach Drehbänke mit einer senkrecht stehenden Spindel angewendet, auf deren Kopfe eine wagrechte Planscheibe zur Aufnahme des Arbeitsstückes angebracht ist. Diese Anordnung gestattet eine sehr sichere Unterstützung der Spindel und ein bequemes Aufbringen und Ausrichten schwerer Gegenstände, so dass diese Maschinen sehr zweckmässig genannt werden können und sich auch bei uns einzubürgern beginnen.

In Fig. 6 ist eine solche Drehbank der Niles Tool Works in Hamilton, Ohio, für Gegenstände bis zu 12 Fuss (3,6 m) Durchmesser dargestellt. Die auf einer stehenden Spindel befestigte und durch im Fussboden liegende Räder angetriebene Planscheibe *a* ist auf der oberen Fläche mit den zum Aufspannen der Arbeitsstücke dienenden Nuten versehen. Zwei Supports *b* sind an dem Querprisma *c* verschieblich angebracht, das seinerseits an den kräftigen Ständern *d* auf und nieder geschoben werden kann. Zur Aufnahme der Drehmeissel oder auch von Bohrern dienen die prismatischen Stangen *e*, welche behufs leichter Handhabung durch ein an Ketten hängendes Gewicht im Gleichgewichte gehalten werden. Die Figur lässt erkennen, wie die Meisselträger durch Zahnstangen ihrer Länge nach verschoben und auch, wenn erforderlich, durch Verdrehung der Platten *g* in schräger Richtung eingestellt und mittelst der Schraubenspindeln *h* quer verschoben werden können; auch ersieht man aus der Figur, wie die wagrechte Verschiebung der Supports sowohl als auch die Hebung und Senkung des Querprismas selbstthätig erfolgt.

Bei kleinen Bänken für den Feinmechaniker wählt man anstatt der seither vorausgesetzten beiden Wangen des Bettes ein einziges Prisma zur Unterstützung des Spindelstockes und der übrigen Teile (Prismendrehbänke). Ferner erzeugt der Mechaniker Schraubengewinde häufig auf Bänken ohne Leitspindel dadurch, dass der Drehbankspindel während jeder Umdrehung gleichzeitig eine Verschiebung nach ihrer Länge um die Ganghöhe des anzufertigenden Gewindes erteilt wird, während man den Drehmeissel unverrückbar festhält. Zur Erzielung dieser Verschiebung dienen kurze, auf das hintere Spindelende gesteckte Schraubenpatronen, d. h. Musterschrauben von der gewünschten Ganghöhe, welche bei der Umdrehung die Verschiebung der Spindel in der beabsichtigten Weise veranlassen (Patronendrehbank). Zur Herstellung mancher viel gebrauchter Gegenstände, namentlich von Schrauben und Muttern, gibt man dem Support eine

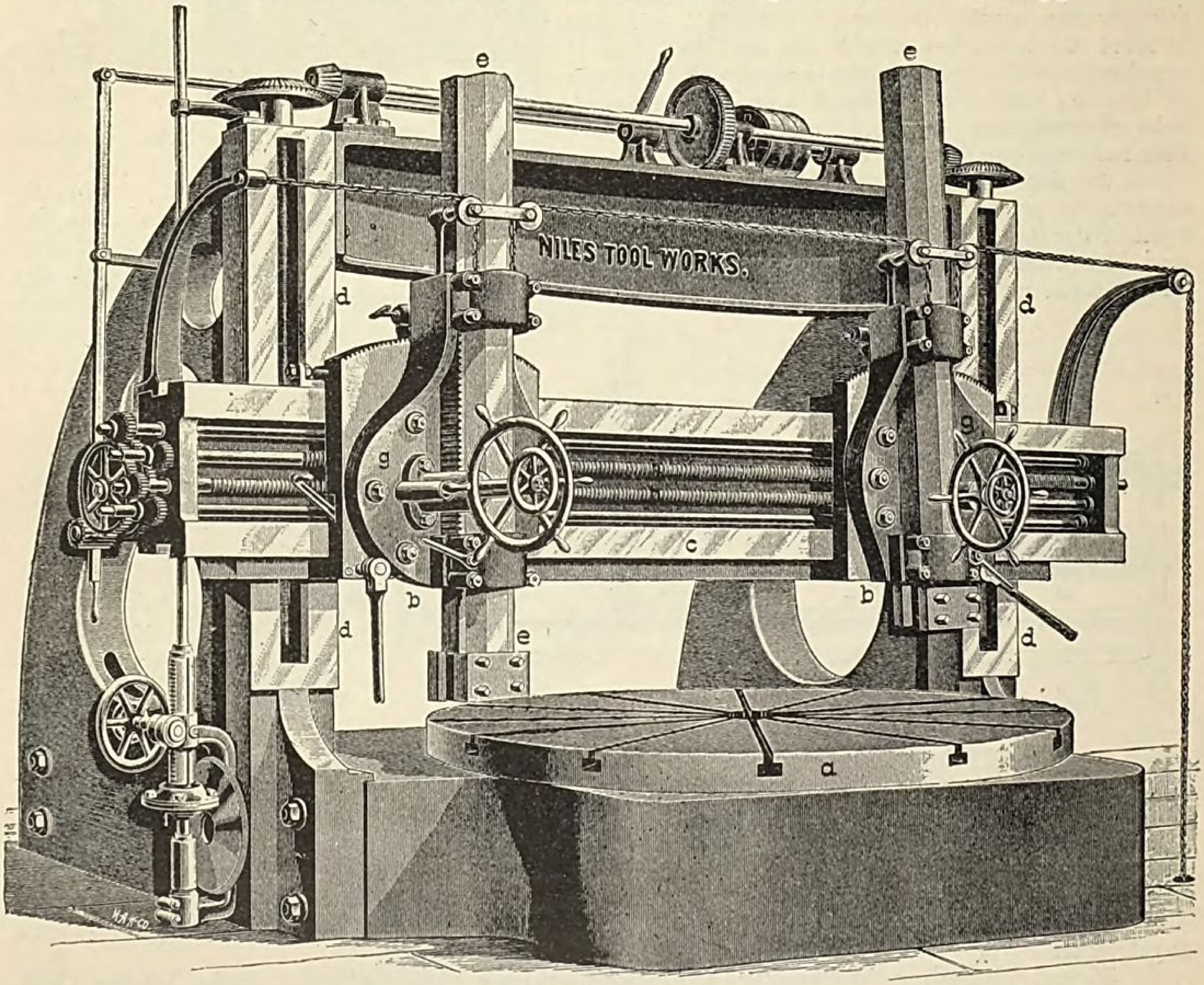


Fig. 6.

Einrichtung, vermöge welcher der Stichelhalter eine grössere Anzahl verschiedener Werkzeuge, wie Meissel, Bohrer, Senker, Schraubenschneider u. s. w. aufnehmen kann, von denen jedesmal ein folgendes durch einfache Drehung des Stichelhauses um etwa 60 Grad zur Wirkung gebracht wird. Hiernach erklären sich die Bezeichnungen Revolversupport und Revolverdrehbank; auch nennt man diese Drehbänke nach der Art ihrer besonderen Verwendung wohl Schraubendrehbänke, Mutterndrehbänke u. s. f., ebenso wie man unter Walzendrehbänken, Bolzendrehbänken solche versteht, die vorzugsweise oder ausschliesslich zum Abdrehen solcher Gegenstände benützt werden. Den Namen Kopirdrehbank gibt man häufig einer Maschine, welche zur Herstellung gewisser unrunder Gegenstände, wie Schuhleisten, nach einem Modelle dient (Kopiren); doch sind diese Maschinen ihrer Wirkungsweise nach nicht eigentlich zu den Drehbänken, sondern zu den Fräsen zu rechnen. Dagegen ist der sogen. Universaldrehstuhl seiner ganzen Einrichtung nach eine kleine Prismadrehbank.

Litteratur: Mitteilungen über besondere Drehbänke finden sich vielfach in fast allen technischen Zeitschriften; vergl. auch das Inhaltsverzeichnis der Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing.

1884—93, Art. Drehbank, Berlin 1895. Ferner: Neumann, Handb. d. Metalldreherei, Weimar 1882; Avanzo, Lehrgang für den Unterricht im Holzdrehen, Weimar 1882. Genaue Zeichnungen und Beschreibungen enthält: Hart, Die Werkzeugmaschinen für Holz und Eisen, München 1879. Die obigen Fig. 1—5 sind den Preisbüchern von E. Kircheis in Aue und Rich. Hartmann in Chemnitz entnommen. *Herrmann.*

Drehbankspindel, s. Drehbank.

Drehbaum, s. Schleuse.

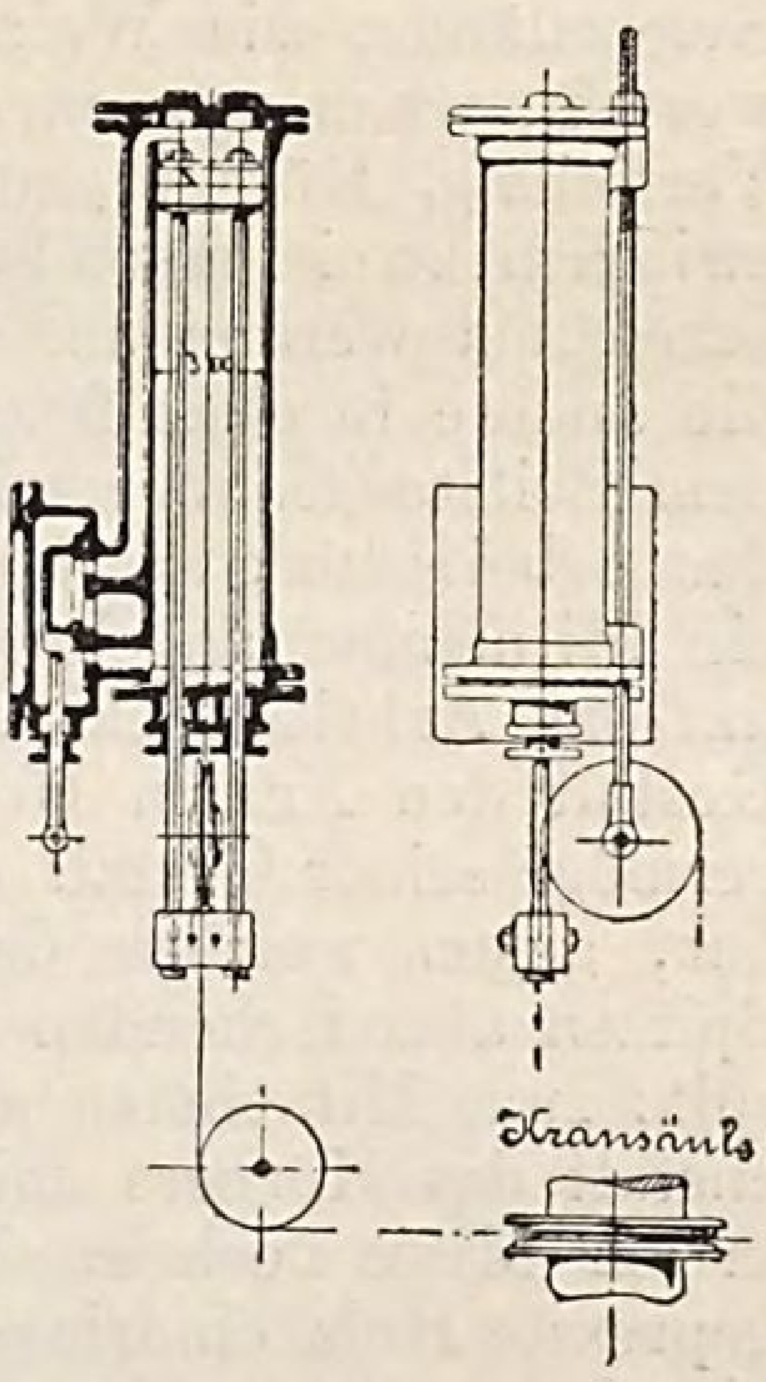
Drehbogen, s. Drehen.

Drehbohrmaschinen, s. Bohrmaschinen.

Drehbrücken, s. Bewegliche Brücken.

Drehbrückensignale, Deckungssignale zur Sicherung des Verkehrs über in der Bahnaxe liegende Drehbrücken. Diese Signale, gewöhnlich Signalmaste, sollen von der Verriegelung der Brücke in der Weise abhängig sein, dass das Fahrsignal nur bei erfolgter Feststellung der Brücke gegeben werden kann. Zuweilen ist die Signalstellung noch in das allgemeine Blocksystem der Brücke einbezogen, eventuell werden auch die beiden benachbarten Stationen durch Nachahmungssignale über die Stellung der Brücke unterrichtet. — S. auch Bahnzustandssignale, Bd. 1, S. 743, sub 3 c. *Köchy.*

Drehcylinder dienen zur mechanischen Drehung schwerer Krane. Zu diesem Zwecke ist die Kransäule am oberen oder unteren Ende mit einer Rolle versehen, über welche sich eine einfache Gliederkette oder ein Drahtseil legt, deren Enden mit den Flaschenzügen je eines einfach wirkenden Drehcylinders verbunden sind. Statt zwei einfach wirkenden kann auch ein einziger, doppelt wirkender Drehcylinder angewendet werden. Der Kolben des Drehcylinders hat alsdann zwei Kolbenstangen, welche ausserhalb der Stopfbüchsen durch eine Traverse mit einander verbunden sind, an welche die Ketten der Seilenden befestigt sind. Die Drehcylinder werden durch Druckwasser, Druckluft oder Dampf betrieben und mittelst einfacher Flachschieber oder Ventile gesteuert (s. Fig.). *Gutermuth.*



Dreheisen (Drehstahl), s. Drehen.

Drehen (Drechseln) nennt man die Bearbeitung von Gegenständen auf der Drehbank (Drehstuhl) zum Zwecke der Herstellung einer genau runden Form und zwar pflegt man unter Drechseln in der Regel die Bearbeitung hölzerner Gegenstände zu verstehen, während man bei Metallen vom Drehen (Abdrehen, Ausdrehen) spricht. Bei Metallarbeiten wird in der Regel eine grössere Genauigkeit gefordert als bei Holz, weswegen die Drehbänke für Metall sorgfältiger ausgeführt sind als die für Holz. Der zu bearbeitende Gegenstand wird beim Drehen mit einer Spindel so verbunden, dass er an der Umdrehung dieser Spindel teilnehmen muss. Die letztere ist gewöhnlich in zwei Lagern unterstützt und wird durch einen Riemen oder eine Schnur immer in derselben Richtung gedreht; nur bei dem für ganz kleine Arbeiten des Uhrmachers dienenden Stiftendrehstuhl wird die zwischen zwei Spitzen gespannte Spindel oder der Drehstift durch einen aus freier Hand geführten Bogen abwechselnd in entgegengesetztem Sinne bewegt. Die Bearbeitung des in Umdrehung versetzten Arbeitsstückes erfolgt durch einen in bestimmtem Abstande von der Drehaxe festgehaltenen Meissel oder Stichel (Drehstichel), dessen Schneide alles von der Drehaxe weiter als sie entfernte Material abschält. Bei unverrückbar festgehaltenem Stichel würde daher dessen Schneide in das Arbeitsstück eine ringsum laufende Rille von einem der Form der Schneide entsprechenden Querschnitte eindrehen; da man aber gleichzeitig den Stichel verschiebt, so entsteht an dem Arbeitsstücke die Form eines Umdrehungskörpers, dessen Meridianlinie mit der Bahn übereinstimmt, in welcher die Stichelschneide verschoben wird.

Es entsteht daher eine cylindrische, kegelförmige oder ebene Gestalt des Arbeitsstückes, je nachdem der Stichel zur Drehaxe parallel oder geneigt oder senkrecht verschoben wird.

Ebenso kann durch eine krummlinige Verschiebung des Stichels irgend welche andere geschweifte oder gewölbte Umdrehungsfläche hergestellt werden; z. B. wird bei dem Kugeldrehen die Stichelspitze in einem Halbkreis bewegt, von welchem die Drehaxe ein Durchmesser ist. Die Schneide des Stichels beschreibt demnach bei einer stetigen Verschiebung auf der Oberfläche des Arbeitsstückes eine Schraubenlinie, deren einzelne Windungen sich um so dichter neben einander legen, je geringer die Verschiebung des Stichels für jede Umdrehung ist. Behält die Entfernung der Stichelschneide während einer Umdrehung der Axe nicht dieselbe Grösse, ist sie vielmehr in gewisser gesetzmässiger Weise einer abwechselnden Vergrösserung und Verkleinerung unterworfen, so wird das bearbeitete Stück unrund, d. h. seine zur Axe senkrechten Durchschnitte sind nicht kreisförmig, sondern durch bestimmte Kurven begrenzt, deren Form von dem Gesetze abhängt, nach welchem die gedachte Abstandsveränderung vorgenommen wird. Hierher gehört z. B. das sogen. Ovaldrehen mit Hilfe des Ovalwerkes. Allgemein bezeichnet man diese Herstellung unrunder Gegenstände im Gegensatz zu dem Runddrehen als Passigdrehen; dasselbe findet eine wichtige Anwendung bei der Anfertigung der hinterdrehten Werkzeuge, z. B. Fräsen, Bohrer, Reibahlen u. s. w. Das sogen. Gewundendrehen, d. i. die Herstellung gewundener Gegenstände auf der Drehbank stimmt im wesentlichen mit der Herstellung von Schrauben überein.

Die Verbindung des abzudrehenden Gegenstandes mit der Drehspindel kann in verschiedener, hauptsächlich in zweifacher Art geschehen. Längere Gegenstände, wie Walzen, Axen, Wellen, müssen an beiden Enden unterstützt werden, wozu man in der Regel jedes Ende mit einer seichten, kegelförmigen Vertiefung, Körner genannt, versieht (Körnen, Ankörnen), so dass man das Stück zwischen zwei passende Stahlspitzen spannen kann, die wohl auch als Körner bezeichnet werden und von welchen sich eine in der Spindel befindet, während die andere in einer feststehenden, an der Umdrehung nicht teilnehmenden Stütze, dem Reitstocke, angebracht ist. Damit bei einer solchen sogen. Spitzendrehbank das Arbeitsstück an der Umdrehung der Spindel teilnimmt, wird an der letzteren ein Mitnehmer angebracht, d. h. ein hervorragender Stift, der sich gegen einen auf das Arbeitsstück vorübergehend geschraubten Arm legt, welcher von seiner Gestalt den Namen Herz, Drehherz, trägt, sofern das Arbeitsstück nicht schon vermöge seiner Gestalt einen hervorspringenden Teil im Bereiche des Mitnehmers hat, gegen welchen der letztere sich anlegen kann. Bei hölzernen, zwischen Spitzen abzudrehenden Gegenständen wendet man den sogen. Zwirl oder Dreispitz zum Mitnehmen an, d. h. man versieht die Spindel an ihrem freien Ende anstatt des Körners mit einem Kopfstücke, das ausser einer scharfen Spitze in der Mitte noch zwei schneidige Kanten daneben enthält, die in das dagegen gepresste Holz eindringen und dieses bei der Umdrehung mitnehmen. Von dem hier besprochenen Arbeiten zwischen einer umlaufenden und einer feststehenden Körnerspitze unterscheidet sich das Drehen zwischen toten Spitzen dadurch, dass hierbei die Spitzen beiderseits fest stehen und die Umdrehung nur dem Arbeitsstücke durch einen Mitnehmer oder mittelst einer unmittelbar auf dem Arbeitsstücke befestigten Antriebsscheibe erteilt wird. Ein solches Drehen zwischen toten Spitzen findet stets bei der Anwendung des Stiftendrehstuhls statt; ausserdem nur dann, wenn es sich um die Erzielung ganz besonders genauer Ausführung handelt, wie sie z. B. für wissenschaftliche Instrumente gefordert wird. Ein Ausbohren oder Ausdrehen im Innern ist natürlich bei einem beiderseits zwischen Spitzen gespannten Gegenstande nicht möglich. Hat das Arbeitsstück in der Richtung der Drehaxe nur eine geringe Länge, so dass eine einseitige Unterstützung genügt, so befestigt man es an der Spindel mit Hilfe eines Futters, d. h. eines auf die Spindel geschraubten Kopfes, in welchem der Gegenstand leicht befestigt werden kann.

Diese Futter sind sehr verschieden eingerichtet. Ueber die Backenfutter s. d.; bei den Klemmfuttern wird der Gegenstand einfach in die Höhlung des Futters fest eingeschlagen, so dass er infolge der Reibung mitgenommen wird; eine festere Verbindung erlangt man bei dem Schraubenfutter durch eine Anzahl (in der Regel acht) Schrauben, zwischen die das Arbeitsstück fest gespannt wird; mit dem Lötfutter wird der abzudrehende Gegenstand durch Anlöten verbunden. Das Universalfutter gestattet die Befestigung verschieden grosser Gegenstände mit Hilfe verschieblicher Backen.

Grössere Gegenstände, wie Riemscheiben und Räder, werden behufs des Abdrehens mittelst Schrauben oder geeigneter Kloben an der Planscheibe befestigt, d. i. an einer grösseren ebenen Scheibe, die auf das vordere Ende der Spindel geschraubt ist. Zum Abdrehen der grössten Gegenstände, wie z. B. der Schwungräder und Seilscheiben dient die Plandrehbank, auch Stirnbank genannt,

bei welcher unter Wegfall des Reitstockes die Spindel mit einer grossen Planscheibe versehen ist, deren unteren Teil man in eine passende Grube des Fussbodens eintreten lässt, um das ganze Gestell niedriger halten zu können. Plandrehen nennt man überhaupt das Abdrehen einer ebenen Fläche durch radiale Verschiebung des Drehmeissels. Die beim Drehen gebräuchlichen Meissel oder Stichel werden bei der Bearbeitung von Holz und bei leichten Metallarbeiten in einem Hefte aus freier Hand geführt; bei Metall findet hierbei der gewöhnliche Grabstichel eine allgemeine Verwendung, während Holz mit der sogen. Röhre oder dem Hohlmeissel aus dem groben gearbeitet (geschruppt) und mit dem Schlichtmeissel vollendet wird. Die Röhre ist rinnenförmig ausgehöhlt (halbkreisförmig), während der Schlichtmeissel eine gerade, gegen die Längsrichtung etwas schräg gestellte Schneide hat. Bei grösseren Widerständen wendet man auch wohl die Drehhaken an, das sind ca. 0,6 m lange Stähle, deren eines, die Schneide bildendes, Ende aufwärts gebogen ist, während das andere mit einem Heft versehene Ende bei dem Drehen auf der Schulter des Drehers seine Stütze findet. Bei dem Abdrehen grösserer Gegenstände und in allen Fällen, wo es auf besondere Genauigkeit der Arbeit ankommt, wird der Drehmeissel (Dreheisen) in eine feste Auflage, den sogen. Support, gespannt, um das Wanken des Meissels unter dem Einflusse der beträchtlichen Widerstände zu verhindern.

Die Einrichtung eines solchen Supportes und der Supportdrehbank s. u. Drehbank. Die in das Stichelhaus oder den Stichelhalter des Supports eingespannten Meissel sind einfache Stahlstäbe von rechteckigem Querschnitte, die an dem einen Ende zu einer passenden Schneide gestaltet sind, nach deren Gestalt man den Schrotstahl mit gerundeter Schneide zum Arbeiten aus dem Groben von dem Schlichtstahle mit geradliniger Schneide zum Ebnen und Vollenden (Schlichten) unterscheidet. Je nach der Form der Schneide unterscheidet man ausserdem noch den Spitzstahl mit zwei schrägen, in eine Spitze zusammenlaufenden Schneiden, den Ausdrehstahl mit einer längeren, mit dem Meissel parallelen Schneide, den Mondstahl mit einer seitlichen bogenförmigen Schneide, den Schraubstahl mit einer Anzahl spitzer, den Schraubgewinden entsprechend geformter Zähne u. s. w.

Zur Herstellung einer guten Dreharbeit ist eine möglichst sichere Lagerung der Spindel erforderlich, durch welche jedes Schlottern derselben verhütet wird; andererseits muss der Drehmeissel möglichst fest unterstützt und namentlich vor einem merklichen Erzittern oder Vibriren geschützt sein. Auch die Geschwindigkeit, mit welcher das Arbeitsstück umgedreht wird, darf gewisse erfahrungsmässig festgestellte Werte nicht überschreiten, wenn eine Erhitzung des Werkzeuges und mangelhafte Beschaffenheit der erzeugten Flächen vermieden werden soll. Diese noch zulässige vorteilhafteste Geschwindigkeit ist um so grösser, je weicher das bearbeitete Material ist; man kann durchschnittlich eine Umfangsgeschwindigkeit in der Sekunde annehmen von 100—120 mm für Schmiedeeisen, 80—90 mm für Gusseisen, 40—50 mm für Stahl, 10—20 mm für Hartguss, während man für Messing und Bronze eine Umfangsgeschwindigkeit von 150—200 mm und für Holz eine solche von 400—500 mm wählen kann. Die seitliche Verschiebung des Meissels, sowie die Dicke des abzuschälenden Spans richtet sich ganz nach der Art der herzustellenden Arbeit. *Herrmann.*

Drehessigbildner, eine von F. Michaëlis in Vorschlag gebrachte Modifikation bei der Schnellessigfabrikation, welche gestattet, die mit Essiggut gefüllten Fässer, die Essigbildner, täglich vier- bis sechsmal umzurollen. Dieselbe hat sich aber nicht bewährt. (S. Essigfabrikation unter Essigsäure und F. Fischer, Jahresbericht der chemischen Technologie, Leipzig 1880, S. 434, 1881 S. 397 und 398). *W. Kerp.*

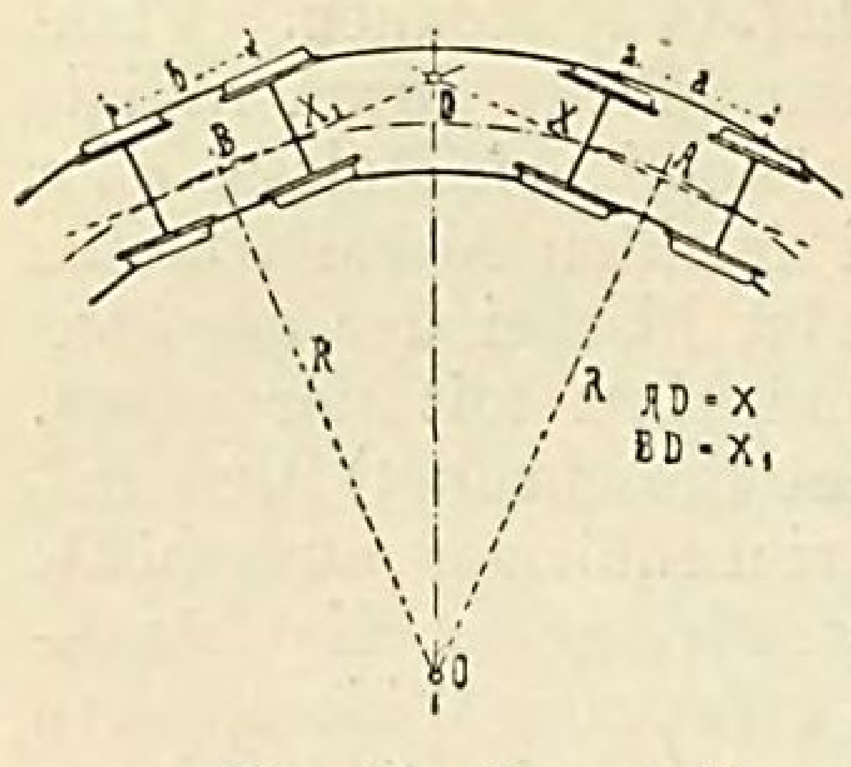
Drehfähigkeit, s. Ruder.

Drehfenster, ein um eine mittlere wagrechte Axe sich drehender Fensterflügel, wird zum Zweck der Lüftung an hoch gelegenen Fenstern von Stallungen, Gefängniszellen u. s. w. angebracht. Gegenüber dem Klappfenster hat es den Vorteil, dass beide Hälften im Gleichgewicht stehen und deshalb das Fenster in jeder Stellung sich hält. *Weinbrenner.*

Drehfeuer, ein in der Seemannssprache häufig wiederkehrender, nichtamtlicher Ausdruck für „Wechselfeuer" (s. d.); s. Leuchtfeuer.

Drehgestelle für Lokomotiven und Wagen (Truckgestelle), ein- oder mehraxige, mit dem Hauptrahmen der Fahrzeuge drehbar verbundene

Radgestelle, ermöglichen die vorteilhafte Anwendung grösserer Radstände auch beim Vorhandensein kleiner Krümmungshalbmesser, indem sie die Einstellung der Radaxen in der Richtung des Krümmungshalbmessers veranlassen; das rasche Wiedereinstellen der Axen beim Austritt aus der Krümmung wird durch besondere Vorrichtungen bewirkt.



Bei den Lokomotiven wurden Drehgestelle zuerst in Amerika durch Baldwin und Norris (1832) eingeführt und haben auch in Europa besonders für Personenzugslokomotiven Anwendung gefunden. In der Regel werden in den Drehgestellen nur Laufaxen untergebracht, selten Treibaxen (s. unter Lokomotiven). Drehgestelle für Wagen finden in Amerika für acht- und zwölfräderige Wagen ausgedehnte Verwendung; in Europa werden sie fast nur bei Schlaf-, Salon-, Postwagen etc. angebracht (s. unter Wagen).

Die Drehgestelle sind entweder um einen zwischen den Axen oder um einen ausserhalb derselben gelegenen Drehpunkt beweglich. Sollen zwei vierräderige Fuhrwerke so mit einander gekuppelt werden, dass die Halbmesser OB und OA (s. Fig.) durch deren Mitte gehen und die betreffenden Axen parallel zu den zugehörigen Halbmessern liegen, so ist $OD^2 = R^2 - \frac{a^2}{4} + x^2 = R^2 - \frac{b^2}{4} + x_1^2$, woraus sich — für $x + x_1 = l$ — ergibt: $x = \frac{l}{2} + \frac{a^2 - b^2}{8l}$ und $x_1 = \frac{l}{2} - \frac{a^2 - b^2}{8l}$; die Lage des Drehpunktes D ist also unabhängig von der Grösse des Krümmungshalbmessers R; allerdings geben diese Gleichungen nur Annäherungswerte, da die Fuhrwerke die vorausgesetzte Stellung in Wirklichkeit nicht genau einnehmen.

Litteratur: Heusinger, Handbuch für spezielle Eisenbahntechnik, Leipzig 1874, 1882. — Rühlmann, Allgem. Maschinenlehre, Bd. 3, Braunschweig 1877. — R. Koch, Eisenbahnmaschinenwesen 1879. — G. Meyer, Grundzüge des Eisenbahnmaschinenbaues, Berlin 1884. *Alfred Birk.*

Drehgumpe, s. Herdarbeit.

Drehhaken, s. Drehen.

Drehherd, s. Herdarbeit.

Drehherz, s. Drehbank.

Drehkälke. Diese Einrichtung bezweckt, die in dem Kalkäscher befindlichen Häute von Zeit zu Zeit zu bewegen, ohne dass dieselben aus dem Aescher herausgenommen oder, wie man zu sagen pflegt, aufgeschlagen werden müssen. Es wird dies bei der Drehkälke dadurch erreicht, dass jede Haut einzeln befestigt und in die Aescherflüssigkeit eingehängt ist. Durch besondere Vorrichtungen lassen sich sämtliche im Aescher befindliche Häute bewegen und drehen, was täglich mehrmals wiederholt wird. Durch die Einrichtung der Drehkälke geht die Aescherung schneller vor sich. *Pässler.*

Drehkanne, s. Baumwollspinnerei, Bd. 2, S. 93.

Drehknotenfänger ist diejenige in der Papierfabrikation zum Ausscheiden der Knoten und Katzen aus dem Papierzeug dienende Vorrichtung, welche der Hauptsache nach aus einem cylindrisch gestalteten, langsam rotirenden Metallsieb besteht. S. Papierfabrikation.

Drehkocher, eine in der Papierfabrikation bei der nassen Reinigung der Hadern durch Kochen mit Lauge verwendete Vorrichtung, welche aus einem cylindrischen oder kugelförmigen Metallkessel besteht, der behufs Durcheinandermengung der Hadern und der Lauge in Rotation versetzt wird. S. Papierfabrikation. *Maxim. Kraft.*

Drehkörperkette nennt Grashof [1] ein Gebilde von starren Körpern, die durch Drehpaarungen (s. Drehpaar), resp. durch Axengelenke, beweglich verbunden sind. Die Drehkörperkette heisst eine ebene oder eine sphärische, wenn alle Axen der Gelenke beständig parallel sind oder wenn alle Axen der Gelenke sich beständig in einem Punkt schneiden. In dem allgemeinen Falle, wenn diese Axen beliebige Lage im Raum gegen einander haben, wird eine allgemeine Drehkörperkette gebildet. Ferner wird die Drehkörperkette eine zwangläufige genannt, wenn jeder Körper der Drehkörperkette gegen jeden andern derselben eine bestimmte Bewegung vollzieht; die Punkte eines Körpers also in Bezug auf jeden anderen sich in bestimmten Bahnen bewegen.

Litteratur: [1] Grashof, Theoretische Maschinenlehre, Bd. 2, S. 159, Leipzig 1883. *Burmester.*

Drehkörperpaar, s. Drehpaar.

Drehkopf oder Wasserwirbel, beim Diamantbohren das Anschlussstück für den Wasserzuführungsschlauch (s. Tiefbohren).

Drehkreis für Schiffe, s. Ruder.

Drehkreuze, s. Wegeschranken.

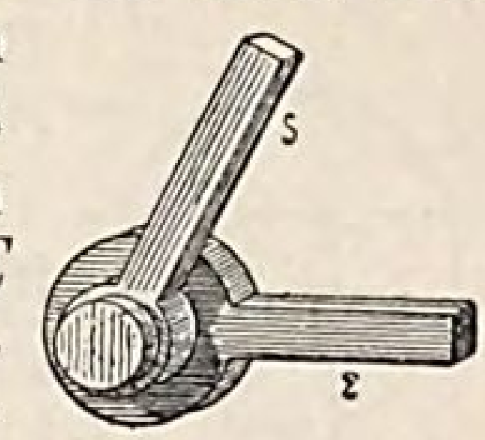
Drehkurve, ein von drei Gleiskurven gebildetes Dreieck zum Zweck des Umwendens von Lokomotiven (an Stelle von Drehscheiben), selten in Anwendung, weil viel Platz erfordernd.

Drehlade, s. Giesserei.

Drehlatte (Feldzirkel), ein Längenmessinstrument, bestehend aus einer Latte (2, 3 oder 4 m lang), bei der das Endmass durch rechtwinkelig zur Längsaxe angebrachte Eisenspitzen bezeichnet wird. Das Werkzeug trägt in der Mitte einen Handgriff, so dass mit demselben die Längenmessung im Felde durch Umschlagen wie mit dem Zirkel auf dem Papier vorgenommen werden kann (vergl. auch Längenmessung). *Reinhertz.*

Drehmeissel, s. Drehen.

Drehpaar. Wird ein Körper mit einem Körperteil versehen, der von einer Drehungsfläche umgrenzt ist und in einem andern Körper ein Hohlraum von derselben Drehungsfläche umgrenzt hergestellt, wird ferner jener Körperteil in diesen Hohlraum gelagert und die Anordnung getroffen, dass keine Verschiebung dieser Körper in der gemeinsamen Axe dieser beiden Drehungsflächen möglich ist, so kann der eine Körper gegen den andern sich nur um diese Axe drehen. Zwei solche beweglich verbundene Körper bilden ein Drehpaar, welches auch Drehkörperpaar und Axengelenk genannt wird. In nebenstehender Figur ist z. B. ein Körper S mit einem Vollcylinder versehen, der sich in dem Hohlcylinder des Körpers Σ dreht und Ansätze trägt, um die Verschiebung in der Axenrichtung zu verhindern. Eine solche Verbindung zweier Körper heisst eine Drehpaarung. Bei dieser Verbindung ist es jedoch nicht notwendig, dass sich die beiden Drehungsflächen in ihrer ganzen Ausdehnung berühren, denn es kann von beiden Drehungsflächen so viel weggenommen werden, bis nur noch Bestandteile derselben übrig bleiben, welche für die Erhaltung der gegenseitigen Drehung genügen. *Burmester.*



Drehpaarung, s. Drehpaar.

Drehpfosten im Wasserbau, s. Schleuse.

Drehplatte, s. Förderung.

Drehpunkt eines Fachwerkstabes. Legt man durch ein ebenes Fachwerk einen Querschnitt, der drei Stäbe trifft, so ist der Schnittpunkt von je zweien der geschnittenen Stäbe der Drehpunkt des dritten. Für einen Gurtungsstab fällt der Drehpunkt mit dem gegenüber liegenden Knotenpunkte zusammen. Der Drehpunkt einer Strebe liegt in der Regel ausserhalb der Spannweite, bei parallelen Gurtungen im Unendlichen. (Vergl. Elastische Formänderungen und Momentenverfahren.) *Ritter.*

Drehreep, s. Takelage.

Drehrichtung, s. Statisches Moment.

Drehrollen, s. Drehstuhl.

Drehschaufelbagger, s. Bagger.

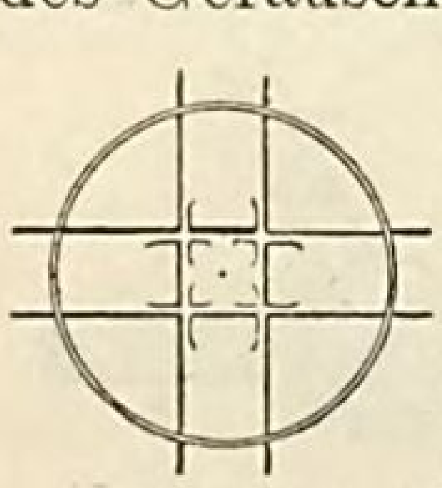
Drehscheibe (der Eisenbahn), ein bewegliches, besonders unterstütztes Stück des Eisenbahngleises, welches um einen Punkt, in der Regel um den Mittelpunkt, in wagrechter Ebene drehbar ist, um damit a. Fahrzeuge, namentlich Lokomotiven, um 180° wenden zu können, oder b. um als Gleisverbindung zum Umsetzen von Fahrzeugen, namentlich Wagen, aus einem Gleise in ein anderes zu dienen.

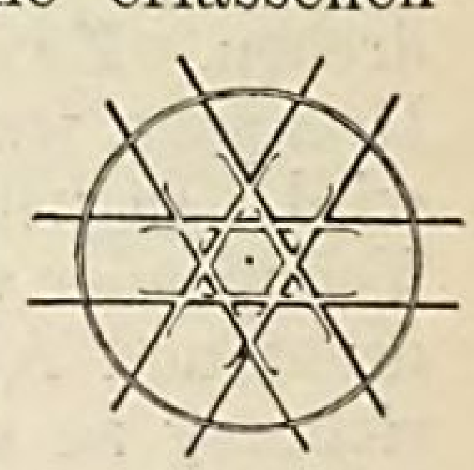
Das Umwenden der Lokomotiven ist überall da nötig, wo diese ihren regelmässigen Lauf beenden und in umgekehrter Richtung wieder beginnen, da sie nur ausnahmsweise und mit beschränkter Geschwindigkeit auf längere Strecken rückwärts (mit dem Tender voran) fahren dürfen. Nur Tenderlokomotiven, d. h. solche ohne Tender (die Tender und Maschine auf einem Gestell vereinigen) laufen gleichwertig vor- und rückwärts, bedürfen also keiner Drehscheiben. Sie können aber wegen des geringen Vorrats an Wasser und Kohlen nur kurze

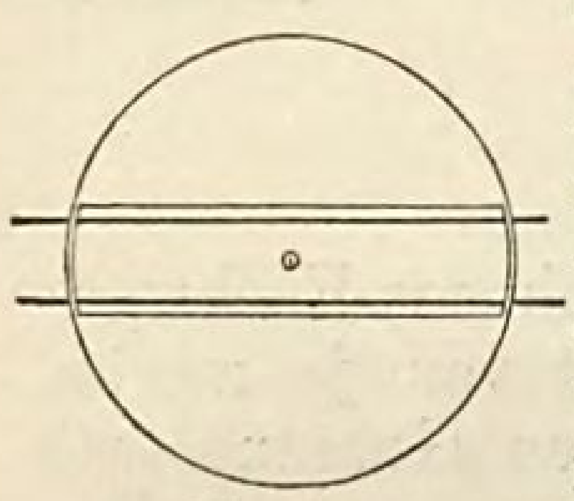
Strecken zurücklegen; ihre Anwendung bleibt also auf Rangirzwecke und kurze Bahnstrecken (Stadtbahnen u. s. f.) beschränkt.

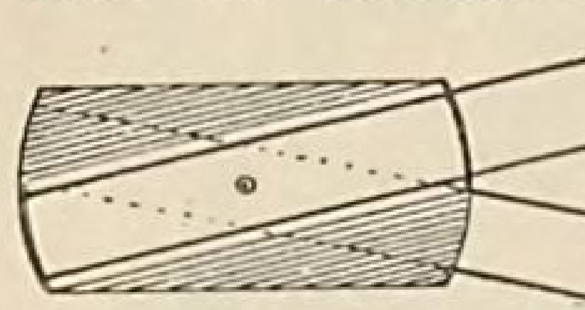
Das Umsetzen von Wagen mittelst der Drehscheiben erfordert in der Regel nur einen kleineren Drehungswinkel bis 60 oder 90°. Es findet namentlich statt bei kleineren zweiaxigen Güterwagen für Rohgut, seltener für mehraxige, lange Wagen. Nur an einzelnen Stellen, wie z. B. am Ende von Kopfstationen (s. Bahnhöfe), werden hin und wieder grössere Wagen und auch wohl Lokomotiven mittelst Drehscheiben umgesetzt; im allgemeinen ist jedoch diese Art der Gleisverbindung für grosse Fahrzeuge zu schwerfällig. Dagegen wird die Drehscheibe als Zugangsmittel zu den strahlenförmig aus einander laufenden Gleisen der vieleck- oder ringförmigen Lokomotivschuppen (s. d.) viel angewendet, namentlich für eine grosse Zahl von Ständen. Hier hat der Zugang mit Drehscheibe gegenüber dem mit Weichengleisen den Vorteil kürzerer Wege und unabhängiger Bewegung der einzelnen Maschinen von einander.

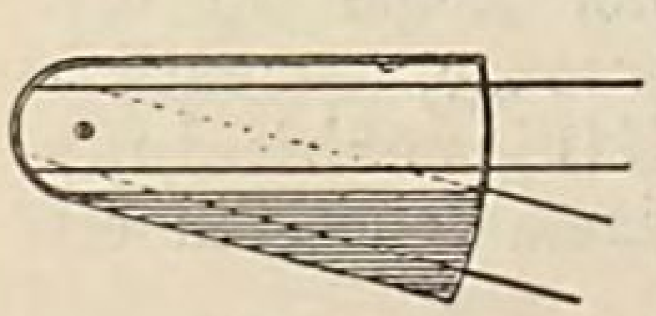
Die Grösse der Drehscheiben muss den Radstand (Entfernung der äussersten Axen) des zu drehenden Fahrzeugs mindestens um $^1/_2$ m übertreffen; für Lokomotiven ist ausserdem erwünscht, dass ihr Schwerpunkt nahezu über den Drehpunkt gebracht werden kann, damit die Bewegung thunlichst erleichtert wird. So ergeben sich als übliche Masse des Grubendurchmessers: 12 bis 16 m (Norm der preussischen Staatsbahn von 1893 16,2 m) für Lokomotiven; 5 bis 8 m für Gepäck-, Post- und nicht allzu lange Personenwagen; 4 bis 5 m für Rohgut- und kürzere Güterwagen; endlich 2 bis 3 m für einzelne Axen (beim Werkstattbetrieb). Auch andere Grössen können durch besondere Zwecke, u. a. bei Schmalspurgleisen, bedingt werden. — In durchgehenden Hauptgleisen sollen Drehscheiben vermieden werden wegen damit verbundener Gefahr und wegen des Geräusches (bei deutschen Hauptbahnen nach der vom Reiche erlassenen Betriebsordnung in Hauptgleisen unzulässig). — Hinsichtlich der Gesamtform sind zu unterscheiden: Vollscheiben mit voller Bedekung der Grube; für Lokomotiven fast nur in vieleckigen Lokomotivschuppen, auch dann nur mit einem Gleise; für kürzere Wagen häufig und zwar als Kreuzdrehscheiben (Fig. 1) mit zwei unter 90°, oder als Sterndrehscheiben (Fig. 2) mit drei unter 60° kreuzenden Gleisen, dann stets nach $^1/_4$ oder $^1/_6$ Umdrehung wieder passend. Sodann Teilscheiben, welche nur den der Gleisbreite entsprechenden oder um schmale Laufstege daneben vergrösserten Streifen füllen, im übrigen aber die Grube unbedeckt lassen (Fig. 3). Diese Form bildet die Regel für Lokomotiven und grössere Wagen. Dieselbe Teilscheibe mit Beschränkung der Grube auf einen kleinen Drehungswinkel, auch wohl mit Drehung um den einen Endpunkt, wohl Drehweiche oder Pendelscheibe (Fig. 4 und 4 a) genannt, findet nur in einzelnen Fällen Anwendung, so bisweilen am Ende von Kopfstationen zum Umsetzen der Lokomotive ohne vollkreisförmigen Ausschnitt des Bahnsteigs. Die Anordnung der Gleise bei Drehscheiben verlangt unbedingt deren radiale und im letzten Teile gerade Zusammenführung bis zum Umfang der Grube, auf dem die Schienenenden gut befestigt sein müssen. Werden die Gleise auf längere Strecke ganz oder nahezu geradlinig fortgeführt, so pflegt man sie Strahlengleise zu nennen (so namentlich für runde und ringförmige Lokomotivschuppen). Die Schienen können dabei einander so nahe (unter so kleinem Winkel) gelegt werden, dass sie unweit des Umfangs in einfacher (Fig. 5) oder zweifacher (Fig. 6) Durchschneidung Herzstücke bilden. Die Grenzwerte der Winkel zwischen den Nachbargleisen bestimmen sich darnach, dass die zusammenlaufenden Schienen am Umfange der Grube noch den nötigen Platz zu ihrer Befestigung finden müssen. Weiteres hierüber und über die daraus abgeleiteten Ständezahlen der Lokomotivschuppen mit

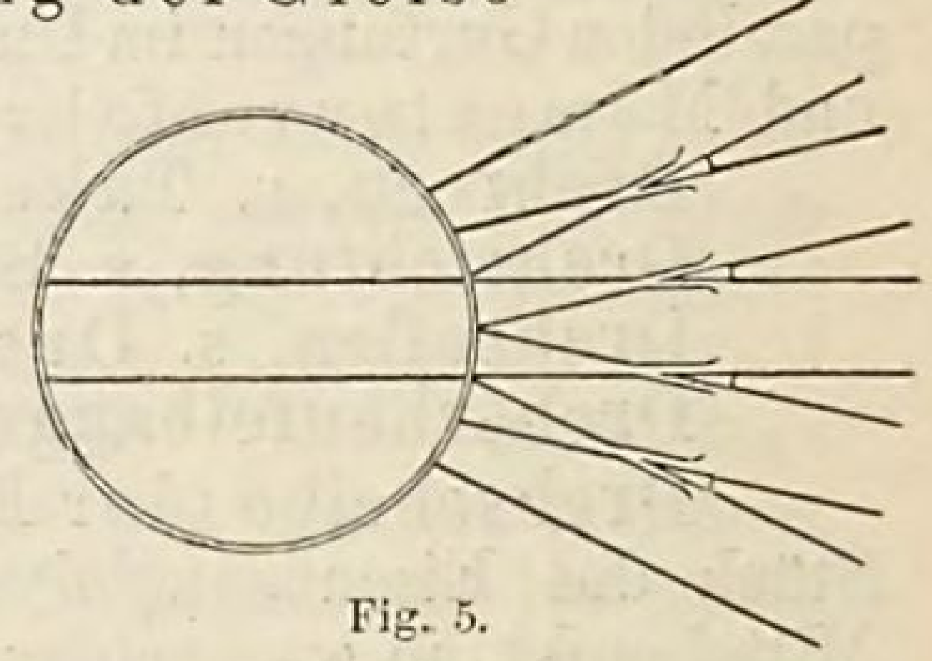

Fig. 1.


Fig. 2.


Fig. 3.


Fig. 4.


Fig. 4 a.


Fig. 5.

radialen, geraden Gleisen, sowie über die Zusammenführung paralleler Gleise zu Drehscheiben s. Goering in „Taschenbuch der Hütte“, Kap. Eisenbahnbau, und eingehend in dessen Artikel „Lokomotivschuppen“ in Rölls Encyklopädie des Eisenbahnwesens.

Die Unterstützung der Fahrschienen geschieht — zunächst bei Teilscheiben (Fig. 7) mit nur einem Gleise — durch zwei unter ihnen befindliche Blechträger, deren Höhe bei Wagendrehscheiben in der Regel durchweg gleich bleibt, bei Lokomotivdrehscheiben dagegen nach der Mitte hin durch Vertiefung der Unterkante zunimmt. Diese Hauptträger sind an den Enden und mehreren anderen Stellen durch Querverbindungen von Blech oder Gitterfachwerk ausgesteift, welche zugleich den zwischen den Schienen liegenden Belag aus Bohlen- oder Riffelblech tragen. Den Querverbindungen entsprechend sind aussen an den Hauptträgern Konsolen angebracht, um neben den Schienen noch je einen Laufsteg von etwa 80 bis 90 cm Breite, ebenfalls aus Bohlen- oder Riffelblech herzustellen. Die Hauptträger sind sodann in der Nähe des Drehpunkts (etwa mit 50 cm Abstand) an zwei starken Querträgern befestigt, die ihrerseits ein Gussstück (das den Mittelzapfen umgibt) zwischen sich fassen und mittelst dieses Stückes (oder mittelst zweier kurzen Blechzwischenträger) die Last an zwei starke Tragschrauben abgeben. Diese übertragen die Last mit Hilfe der Schraubenmuttern auf ein gussstählernes Querstück, in das etwa in Schienenhöhe der möglichst hoch zu legende Zapfen eingesetzt ist. Dieser Drehzapfen, bei Lokomotivdrehscheiben etwa 12 cm im Durchmesser stark, stützt sich auf die Spurplatte (beide Stücke aus bestem Gussstahl), die oben in dem Spurlager des gusseisernen, runden „Königsstuhles“ ruht (auch kann die Spurplatte oben, der Zapfen unten liegen). Der Königsstuhl hat oben z. B. 25 cm, unten 47 cm Durchmesser und 5 cm Wandstärke bei 110 cm Höhe. Er geht unten mit Rippen in eine etwa 160 cm im Quadrat grosse Grundplatte über, die auf dem kräftigen Fundament verankert wird. So wird also ein grosser Teil der Last während der Drehung vom Mittelzapfen getragen. Ausserdem sind jedoch die Querverbindungen an den Enden der Hauptträger über diese hinaus verlängert, dem kreisförmigen Grubenumfang entsprechend umgebogen (oder geknickt) und hier beiderseits des Gleises mit Axlagern versehen, die sich auf entsprechende (im ganzen also 4) am Umfange der Grube auf einer untermauerten Schiene laufende Räder stützen und so im stande sind, einen bestimmten Teil der Last aufzunehmen, namentlich aber zugleich eine sichere Führung der Drehscheibe zu gewähren. Die Umfangsräder müssen dieserhalb radial nach dem Mittelpunkt gerichtete Axen von etwa 1,5 m Länge erhalten. Ihr zweiter Endpunkt wird an kleinen, von den Hauptträgern ausgekragten Konsolen gelagert, während das vorerwähnte erste Lager unmittelbar neben dem Rade sich befindet. Die genaue Regelung der Lastanteile des Mittelzapfens und der vier Umfangsräder kann durch die erwähnten Tragschrauben (nach vorheriger Entlastung des Mittelzapfens) bewirkt werden, indem sie von der durch Rechnung festzustellenden geringen Verschiedenheit in der Höhenlage der drei Stützpunkte jedes Trägers abhängt (Balken auf drei Stützen). Vorrichtungen zum Senken der Trägerenden nach Auffahren der Last (z. B. durch Beseitigung oder Verschiebung von exzentrischen oder keilförmigen Auflagerstützen) sind wohl vorgeschlagen, jedoch selten ausgeführt, um die Last ganz oder fast ganz auf den Mittelzapfen zu bringen und so eine sehr leichte Drehung zu erzielen. Nach der Drehung müssen dann die Trägerenden wieder gehoben und vor Abfahren der Last fest unterstützt werden. Die schwierige Handhabung solcher Einrichtungen steht jedoch ausser Verhältnis zu ihrem Nutzen. Die Bewegung der Lokomotivdrehscheiben geschieht entweder mit Hilfe von in Hülsen schräg eingesteckten Rundhölzern oder — wohl meistens — durch eine besondere, am Scheibenkörper seitwärts angebrachte Drehvorrichtung, die im allgemeinen mit Handkurbeln von zwei oder vier Arbeitern, in Fällen sehr häufigen Gebrauches, wie bei grossen Lokomotivschuppen, auch durch mechanische Kräfte bewegt wird. Bei Handbetrieb wird die Bewegung entweder durch konische Zahnräder auf eines (auch zwei) der Umfangsräder übertragen, welche vermöge ihrer Reibung (die bei Entlastung versagen kann!) die Drehung der Scheibe veranlassen; oder die Bewegung wird auf ein kleines wagrechtes Zahntriebrad übertragen, welches in einen fest am Umfange der Grube angebrachten Zahnkranz eingreift. Bei mechanischem Betriebe kann

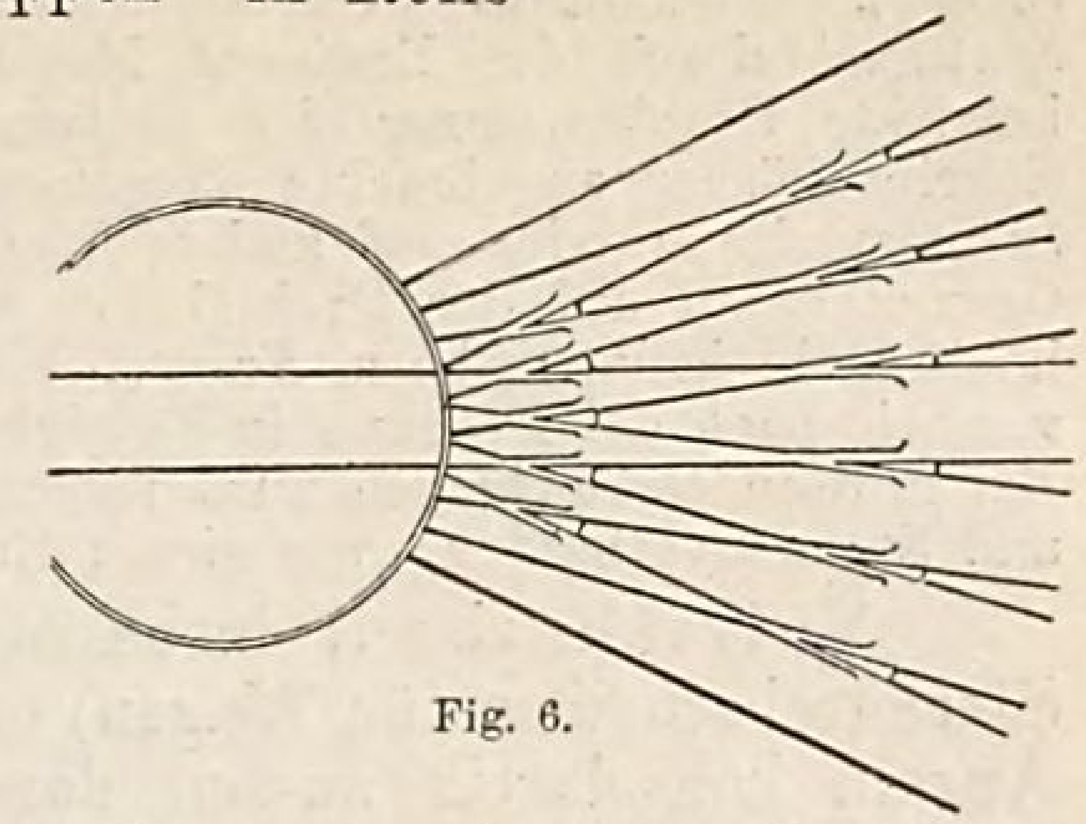


Fig. 6.

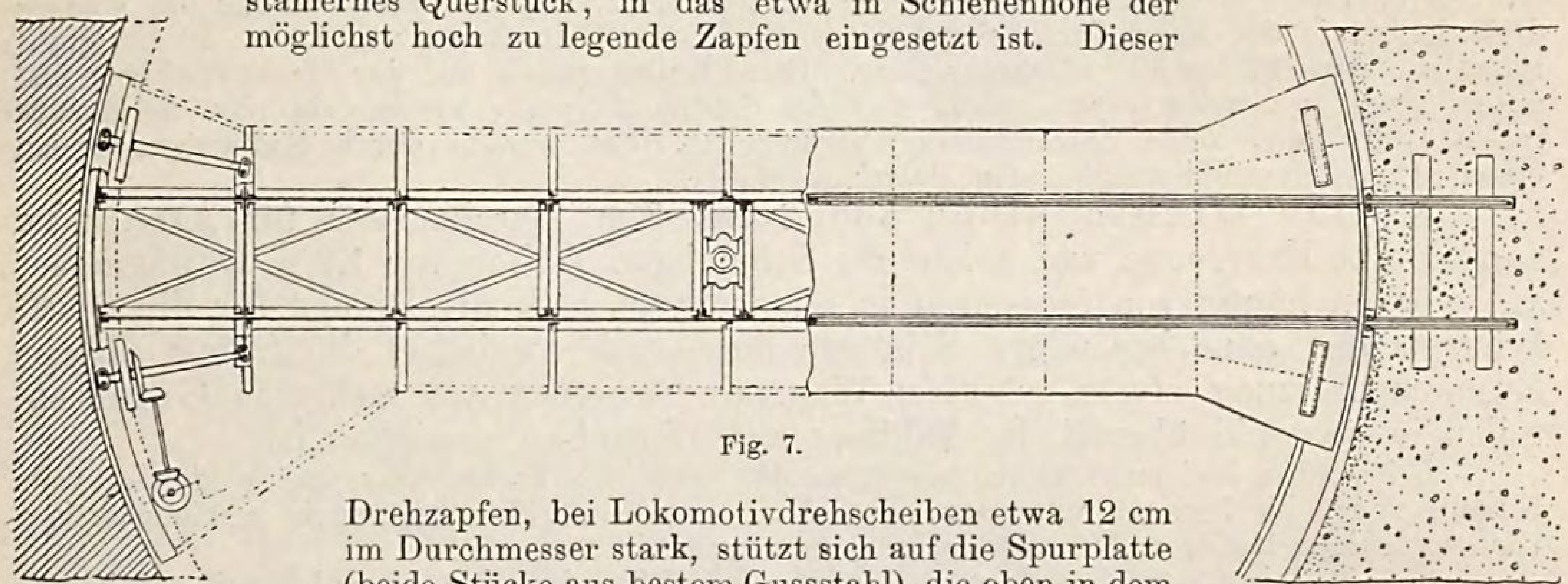


Fig. 7.

beispielsweise eine Kettenscheibe unter den Hauptträgern, den Königsstuhl umgebend, befestigt und von Druckwassercylindern aus oder in anderer Weise bewegt werden (s. u. a. Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens 1890, S. 49 mit Tafeln, und Zentralbl. d. Bauverw. 1886, S. 493). Neuerdings wird auch elektrischer Antrieb ausgeführt, u. a. auf dem Bahnhofe Stuttgart durch die Esslinger Maschinenfabrik. Dabei kann die sonst von Menschenhand bewirkte Drehbewegung der Umfangsräder oder des Zahntriebs (s. o.) durch eine an dem Scheibenkörper angebrachte Dynamomaschine mit einer über dem Drehpunkt angebrachten Stromzuleitung oder auf andere Weise besorgt werden. Die Anbringung von Dampf- oder Gasmaschinen auf der Drehscheibe selbst kommt wegen der damit verbundenen toten Last heute wohl kaum mehr in Frage. — Eine Feststellvorrichtung muss stets vorhanden sein und vor wie nach der Drehung in Thätigkeit treten. Die einfachste Art besteht in Einwurfklinken. Bei grossen Drehscheiben wird jedoch eine beiderseitige Ent- und Verriegelung mittelst Hebels und Stangenverbindung von einem Ende aus bewirkt.

Vollscheiben, insbesondere solche mit mehreren Gleisen (Kreuz- und Sterndrehscheiben für Wagen) erhalten ausser den beiden Hauptträgern noch eine Anzahl konsolartig aussen darangesetzter, bis zum Grubenumfang reichender Kragträger, nebst entsprechenden Querträgern zwischen den Hauptträgern, ausserdem auch meistens einen durchgehenden Umfangsring. Alle diese Tragrippen werden von gleicher Höhe aus Walzbalken von I-Querschnitt, seltener aus Gusseisen hergestellt.

Die Unterstützung dieser so gebildeten Scheibenkörper geschieht auf dem Mittelzapfen, wie vorhin beschrieben, nur mit kleineren Abmessungen, dagegen am Umfange bei Wagendrehscheiben in der Regel durch einen mit umlaufendem Rollenkranz von 12 bis 20 Umfangsrollen zu etwa 27 bis 30 cm Durchmesser. Diese Rollen ruhen auf der Umfangsschiene und unterstützen unmittelbar den Umfangsring des Scheibenkörpers, so dass sie nur die geringe rollende Reibung, keine Zapfenreibung verursachen. Sie werden durch Radialstangen und einen den Königsstuhl umgebenden Halsring geführt.

Kleine Drehscheiben von 2 bis 3 m Durchmesser für Axen oder ganz kleine Fahrzeuge und solche für Schmalspur (schon von 1,2 m Durchmesser an) werden häufig von Gusseisen in einem Stück und mit Rinnen für die Spurkränze, also ohne besondere Schienen hergestellt, während die früher übliche Zusammensetzung etwas grösserer Wagendrehscheiben aus mehreren Gusseisenteilen heute wohl überall der Bildung aus Walzeisen gewichen ist.

Bei solchen kleinen Scheiben treten an die Stelle der Umlaufrollen häufig kleine, volle Kugeln von 6 bis 7 cm Durchmesser, die ohne besondere Führungsstangen in rinnenartiger Umfangsschiene laufen und wenig Reibung veranlassen.

Ganz kleine Scheiben kommen auch ohne Mittelzapfen vor, also mit alleiniger Unterstützung und Führung am Umfange.

„Krandrehscheiben“ mit einem tief hinuntergehenden säulenartigen Mittelzapfen oder solchem Königsstuhle und Abspreizung des Umfanges mittelst Schrägstreben gegen die untere Führung am Königsstuhl kommen gegenwärtig nicht mehr in Anwendung. Dagegen hat man neuerdings die Ausführung schwimmender Drehscheiben ins Auge gefasst, die recht wohl möglich erscheint und jedenfalls die denkbar kleinste Reibung zu ergeben verspricht.

Die Einfassung der Grube geschieht entweder mit Mauerwerk, welches auf einem unteren Absatz zugleich die Umfangsschiene (meistens eine regelmässige Breitfussschiene) trägt, oder einfacher aus Eisen (Gusseisen oder Kesselblech) mit oberem Flantsch zur sicheren Befestigung der Schienenenden und der Feststellriegel oder -Klinken. Der Raum zwischen der Einfassung und dem Fundament des Königsstuhls wird bekiest oder gepflastert, auch wohl mit Asphalt abgedeckt; er ist jedenfalls gut zu entwässern. Einfassung wie Königsstuhl müssen für Lokomotivdrehscheiben bis auf den gewachsenen Boden untermauert, jedenfalls gut fundirt werden. Bei Wagendrehscheiben in hoher Aufschüttung kann man in Anbetracht des weit geringeren Gewichts wohl eine gut eingeschlämmte Sandschüttung an Stelle des tief hinabreichenden Fundamentes setzen (so u. a. auf dem Anhalter Personenbahnhof in Berlin, Zeitschrift des Hannov. Archit.- u. Ingen.-Vereins, 1884). — Bei kleinen gusseisernen Scheiben hat man auch hin und wieder das Spurlager des Mittelzapfens ohne Untermauerung durch einen mit Radialrippen versehenen Gusskörper gebildet, der mit der Einfassung ein Stück bildet, also den Zapfendruck dahin überträgt und verteilt (sogen. Teller-Drehscheiben). Endlich kommt auch eine Unterstützung des Königsstuhls vor aus Holzschwellen, die nötigenfalls durch Stopfen wieder gehoben werden können. Aehnlich am Umfang (so in Oldenburg, s. Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens 1869, S. 243).

Litteratur (ausser der bereits angeführten): Rölls Encyklop. d. Eisenbahnw., Drehscheiben von Löwe. — Vorträge über Eisenbahnbau, Heft 3, Drehscheiben und Schiebebühnen von Fränkel, 2. Aufl., Prag 1876. — Ders. im Handbuch der speziellen Eisenbahntechnik, Bd. 1, Leipzig 1877. — Paulus, Bau und Ausrüstung der Eisenbahnen, Stuttgart 1890. — Musterzeichnungen der preuss. Staatsbahn von 1893 (nicht im Buchhandel). — Eigenartige Verbindung von Schiebebühne und Drehscheibe auf dem Bahnhofe St.-Lazare in Paris, s. Organ f. Fortschr. d. Eisenbahnw. 1888, S. 206, und Röll a. a. O. ***Goering.***

Drehscheibenlaffete, s. Laffetirung.

Drehscheibensignale. Drehscheiben, welche sonst in Hauptgleisen nur in besonderen Fällen mit Genehmigung der Aufsichtsbehörde zulässig sind, stehen häufig mit Gleisen in Verbindung, auf welchen ein Rangirverkehr stattfindet, der auch über die Scheibe gehen muss. In solchen Fällen werden zuweilen Signale — Scheibensignale bei Tage, Laternensignale bei Nacht — angewendet, deren Stellung von der Verriegelung der Drehscheibe abhängig ist und die für die Richtung der betreffenden Gleise die Stellung der Drehscheibe erkennen lassen. ***Köchy.***

Drehschieber, s. Steuerung unter Schiffsmaschinen.

Drehschranke, s. Wegeschranken.

Drehsieb, ein gewöhnlich cylindrisch, manchmal auch konisch geformtes, um eine geometrische oder auch körperliche Axe drehbares Sieb, welches der Hauptsache nach aus einem hölzernen oder metallenen Gestelle besteht, welches mit einem Sieb überzogen ist und die Sortirung insofern beschleunigt, als durch die rotirende Bewegung eine fortdauernde Verschiebung des zu sortirenden Materials auf freie Siebflächen bewirkt wird. S. Holzzeug, Papierfabrikation, Aufbereitung, Sortiren etc. ***Maxim. Kraft.***

Drehstahl, s. unter Drehen.

Drehstange, s. Handverschlüsse (für Fenster).

Drehstichel, -stift, s. Drehen.

Drehstrom (Mehrphasenstrom). Man versteht hierunter eine Anzahl mit einander verketteter Wechselströme [2], die gegen einander eine Phasenverschiebung besitzen, aber von gleicher Periode sind. Die Entstehung eines Drehstromes [3] bis [5] ergibt sich aus folgender Betrachtung.

Setzt man zwei gegenüberliegende Wickelungsstellen *a* und *b* (Fig. 1) eines Gramme'schen Ringes mit je einem Schleifringe in Verbindung, so kann man von dem letzteren durch die Bürsten 1 u. 2 gewöhnlichen einphasigen Wechselstrom abnehmen. — Stellt man eine gleiche Verbindung noch an zwei weiteren Stellen *c* und *d* der Wickelung her, so erhält man an den Bürsten 3 u. 4 ebenfalls einen Wechselstrom von gleicher Periode wie vorher, jedoch ist derselbe gegen den ersten um 90° verschoben, d. h. der Strom des einen Zweiges erreicht seinen Maximalwert (bei I) dann, wenn der des anderen Zweiges Null geworden ist (bei 90) und umgekehrt. Eine derartige Verbindung zweier Wechselströme nennt man Zweiphasenstrom. Fig. 2 zeigt den Verlauf dieser beiden Ströme (S. Wechselstrom.) — Verlegt man endlich die Stromentnahme an 3 Ankerpunkte, welche um 120° gegen einander versetzt sind, so entsteht der Dreiphasenstrom oder Drehstrom, charakterisirt durch 3 Wechselströme, die um 120° in der Phase verschoben sind und welche die Eigenschaft haben, dass ihre algebraische Summe in jedem Moment gleich Null ist. Die Kurven der Fig. 3 (angenäherte Sinuslinien) zeigen den Stromverlauf. Man kann natürlich je nach der Wickelung beliebig viele solcher Ströme auftreten lassen und spricht dann von einem Fünfphasenstrom [6] etc.

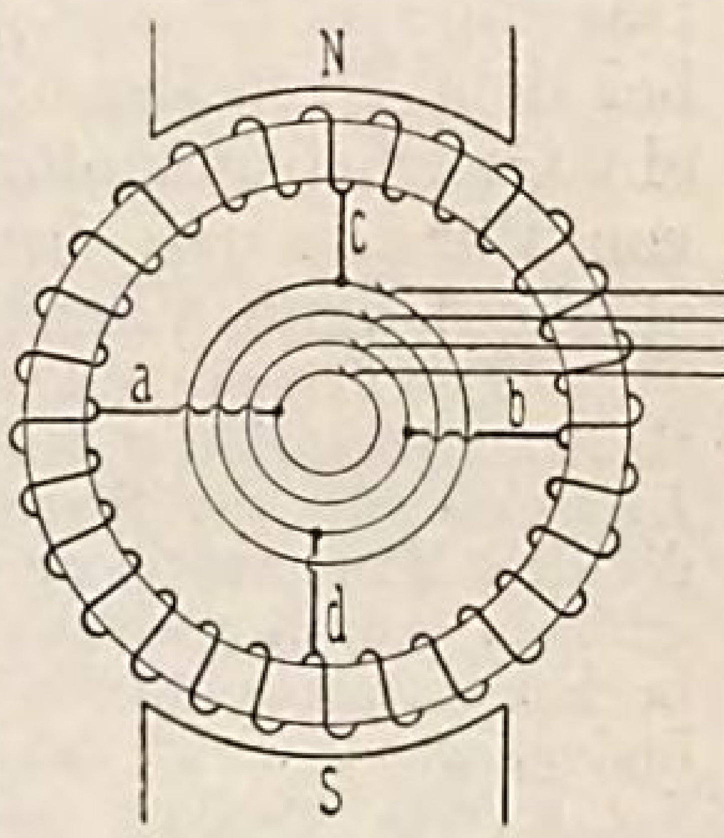


Fig. 1.

Praktische Verwendung hat zunächst nur der Dreiphasenstrom oder Drehstrom gefunden, weil mit der Zahl der Phasen auch die Zahl der Leitungen und somit die Anlagekosten steigen. Die sich aus der Wickelung von drei Spulen ergebende Zahl von sechs Leitungsdrähten reduzirt man durch zwei verschiedene Schaltungsarten auf drei, wobei möglichst gleichmässige Belastung der drei Stromkreise vorausgesetzt ist.

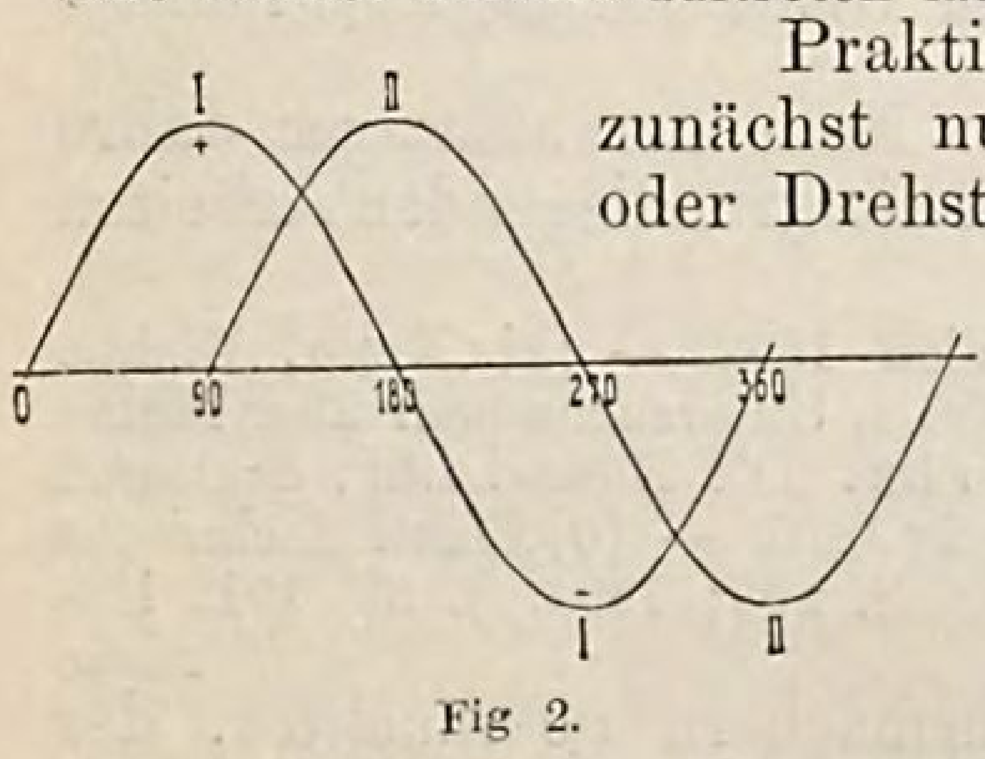


Fig 2.

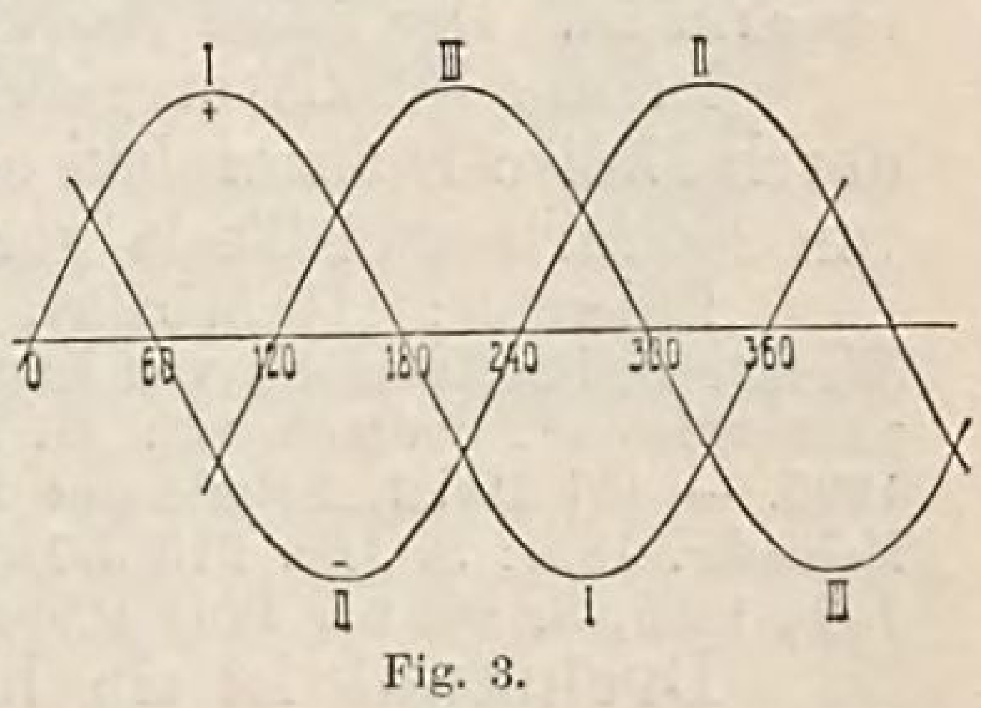


Fig. 3.

Fig. 4 zeigt die eine dieser Schaltungsarten für den Anker der Drehstromdynamo, nämlich die Dreiecksschaltung oder geschlossene Verkettung. Bei dieser besteht der Anker aus einer in sich geschlossenen Wickelung, von welcher drei Abzweige zu den Schleifringen führen. — Sind dagegen (Fig. 5) drei gesonderte Ankerwickelungen vorhanden, deren drei Anfänge zu den Schleifringen führen, während die drei Enden mit einander verbunden sind, so entsteht die Sternschaltung oder offene Verkettung. An den Bürsten 1, 2 und 3 wird der erzeugte Drehstrom entnommen.

Verwendung findet derselbe überall dort, wo auch gewöhnlicher Wechselstrom, vor dem er Vorzüge besitzt, zulässig ist. Seine Transformirung bietet keine Schwierigkeiten; ebenso gut wird er zum Betriebe von Glüh- und Bogenlampen, welche natürlich nur zwischen je zwei Stromkreise geschaltet werden, verwendet. Die Schaltung erfolgt gewöhnlich nach dem Dreieckssystem, derartig, dass alle drei Leitungen möglichst gleichmässig belastet sind. Die Vorzüge des Drehstromes gegenüber dem gewöhnlichen einphasigen Wechselstrom

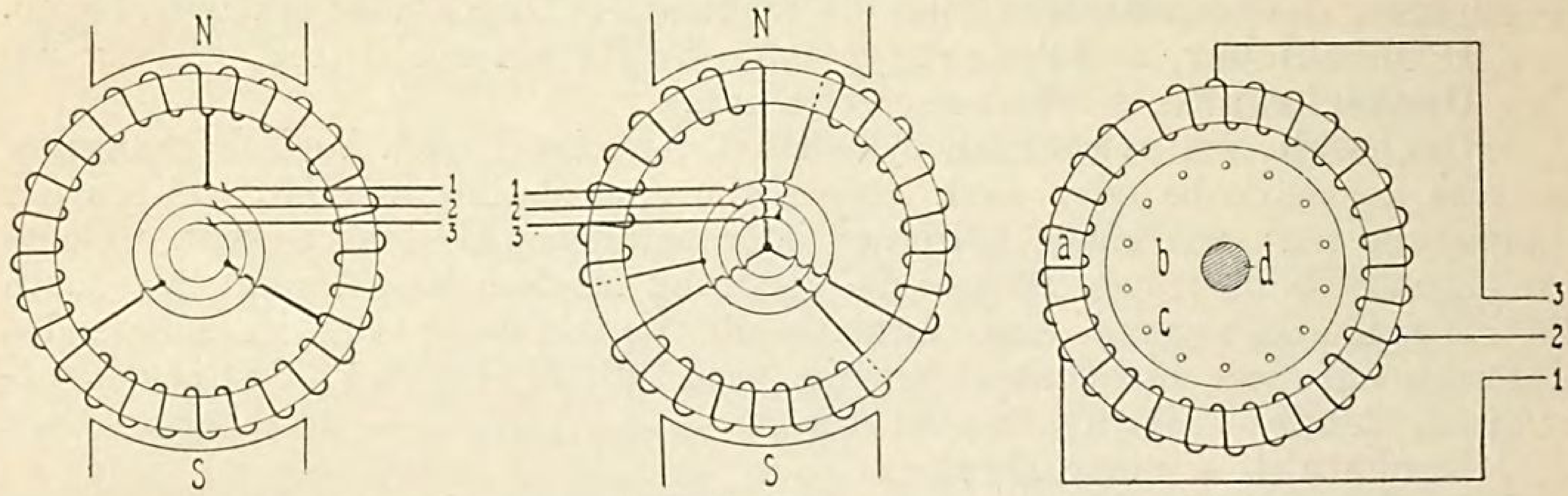


Fig. 4. Fig. 5. Fig. 6.

bestehen besonders in der besseren Abgabe von Arbeit durch Elektromotoren. Während der synchrone Wechselstrommotor einer besonderen Vorrichtung (Hilfswickelung oder dergl.) zum selbständigen Angehen bedarf und leicht stehen bleibt, wenn er durch Ueberbelastung die mit der Stromwechselzahl der Primärmaschine im Einklang stehende Geschwindigkeit verliert, treten diese Uebelstände bei dem Drehstrommotor nicht ein. Derselbe verhält sich vielmehr ebenso wie ein Gleichstrommotor, besitzt aber diesem gegenüber den Vorzug des Fehlens von Bürsten und dergl. Auch kann er bei kleinerer Kraftabgabe (4—6 Pferdestärken) ohne Vorschaltwiderstand laufen.

Das Prinzip, auf welchem die Drehstrommotoren [1], [6] beruhen, ist folgendes: Der feststehende Eisenring *a* des Motors (Fig. 6) besitzt eine Bewickelung, welche nach dem Prinzip der Dreiecks- oder der Sternschaltung ausgeführt ist. Die drei Enden dieser Wickelung werden an die drei Klemmen einer Drehstromleitung gelegt und hierdurch die Wickelungen mit Wechselströmen gespeist, welche Phasenunterschiede von 120° besitzen, d. h. es wird der Reihe nach in den einzelnen Spulen ein fortwährendes Abnehmen und Anwachsen der Stromstärke stattfinden, was bewirkt, dass der im äusseren Ringe *a* erzeugte Magnetismus von einer Spule nach der andern wandert und hierdurch ein magnetisches Drehfeld herstellt. Befindet sich im Innern dieses Ringes, also dieses Drehfeldes, eine Kupferscheibe, so entstehen in derselben Wirbelströme, welche nach dem Lenz'schen Gesetze die Bewegung des magnetischen Feldes zu hemmen suchen. Infolge dessen wird die Scheibe durch das kräftige Drehfeld mitgenommen und in Rotation versetzt. An Stelle der Kupferscheibe wird bei der praktischen Ausführung ein sogen. Kurzschlussanker verwendet, welcher aus einem Kern von weichen Eisenblechscheiben *b* besteht und mit einer Anzahl von in sich kurzgeschlossenen Windungen aus Kupferdraht *c* versehen ist. Der Anker rotirt um die Axe *d*.

In die Praxis eingeführt wurde der Drehstrom Ende der achtziger Jahre durch Dolivo-Dobrowolski und Haselwander, nachdem die grundlegenden Arbeiten von Ferraris und Tesla vorausgegangen.

Litteratur: [1] Sahulka, Ueber Drehstrommotoren, Wien 1892. — [2] Kapp, Elektr. Wechselströme, deutsch von Kaufmann, Leipzig 1894. — [3] Tesla, Untersuchungen über Mehrphasenströme, deutsch von H. Maser, Halle 1895. — [4] Grätz, Die Elektrizität, Stuttgart 1895. — [5] Holzt, Schule des Elektrotechnikers, Bd. 2, Leipzig 1895. — [6] Elektrotechnische Zeitschr. 1891, S. 149, 213, 303, 537; 1892, S. 171, 191; 1893, S. 269; 1894, S. 89, 101, 134, 153; 1895, S. 80, 95, 499; 1896, S. 10, 27. *Holzt.*

Drehstuhl ist ein hauptsächlich von den Uhrmachern gebrauchtes, der Drehbank ähnliches, zum Abdrehen kleiner Gegenstände benütztes Werkzeug. Bei den früher üblichen Drehstühlen wurde das Arbeitsstück durch den Fiedelbogen in bekannter Art abwechselnd nach entgegengesetzten Richtungen

umgedreht, eine Anordnung, die jedoch heute mehr und mehr verlassen wird. Die neueren Drehstühle sind im wesentlichen kleine Drehbänke; sie drehen das Arbeitsstück mittelst einer Handkurbel oder eines kleinen Schwungrades ununterbrochen nach derselben Richtung. Man unterscheidet die Drehstühle in Stiften- oder Spitzendrehstühle und Dockendrehstühle. Während bei den ersteren das Arbeitsstück zwischen zwei unbeweglichen, sogen. toten Spitzen umgedreht wird, ist der Dockendrehstuhl mit einer in zwei Lagern laufenden Spindel ausgerüstet, deren Umdrehung dem Arbeitsstücke mitgeteilt wird, so dass hier wie bei einer Drehbank die mit einer Scheibe verbundenen Gegenstände durch Freidrehen bearbeitet werden können oder ein Einspannen zwischen der Spitze der umlaufenden Spindel und einer festen Spitze vorgenommen werden kann, welche letztere dem Reitnagel der Drehbank entspricht. — Der Drehstichel wird bei dem Drehstuhl in der Regel aus freier Hand geführt, indem er auf die zu dem Zwecke vorhandene Auflage gestützt wird, wobei in dem Falle einer Bewegung des Arbeitsstückes durch den Fiedelbogen darauf zu achten ist, dass man den Stichel während der rückwärts gerichteten Umdrehung etwas von dem Arbeitsstücke zurückzieht. Bei dem sogen. Universaldrehstuhl ist ausser der Auflage für das freihändige Drehen noch ein kleiner Support von ähnlicher Einrichtung wie bei einer Drehbank vorhanden.

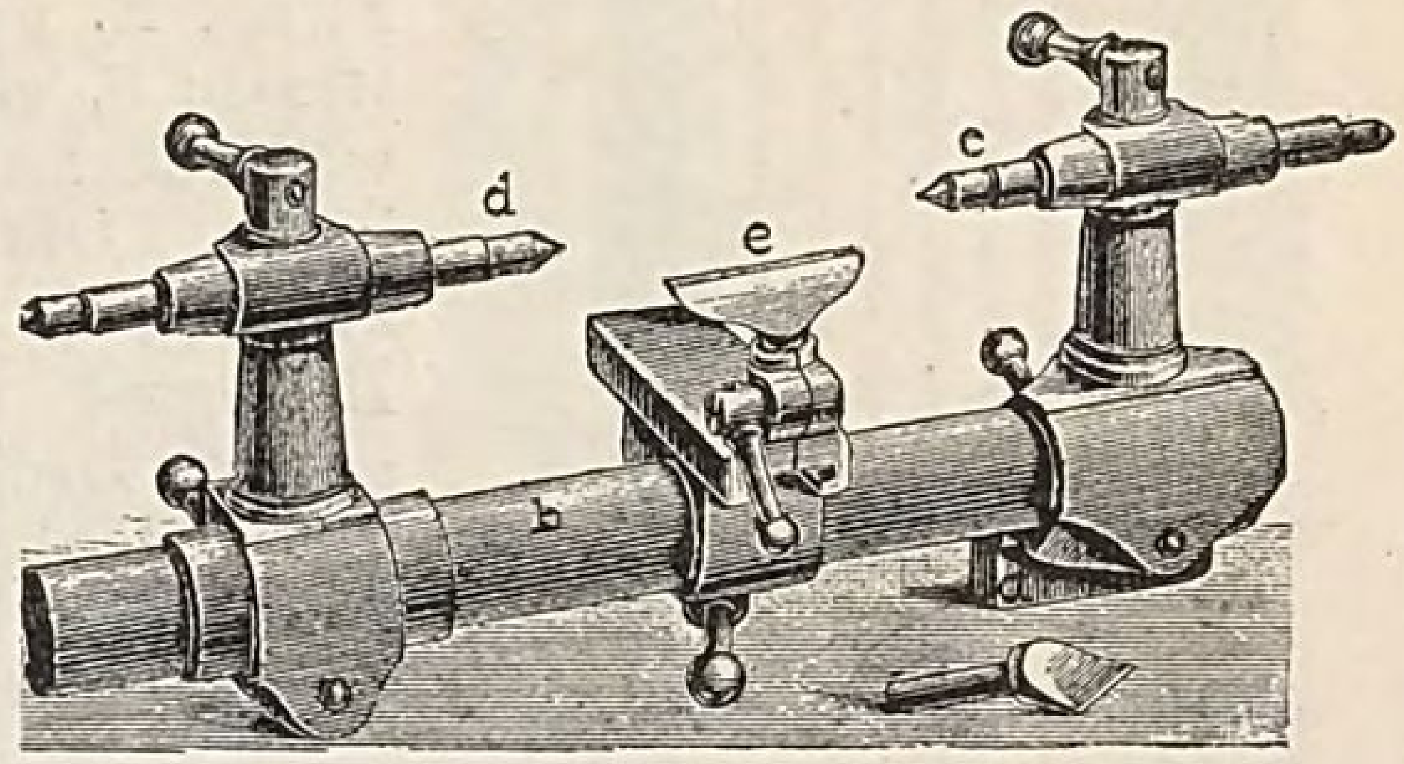
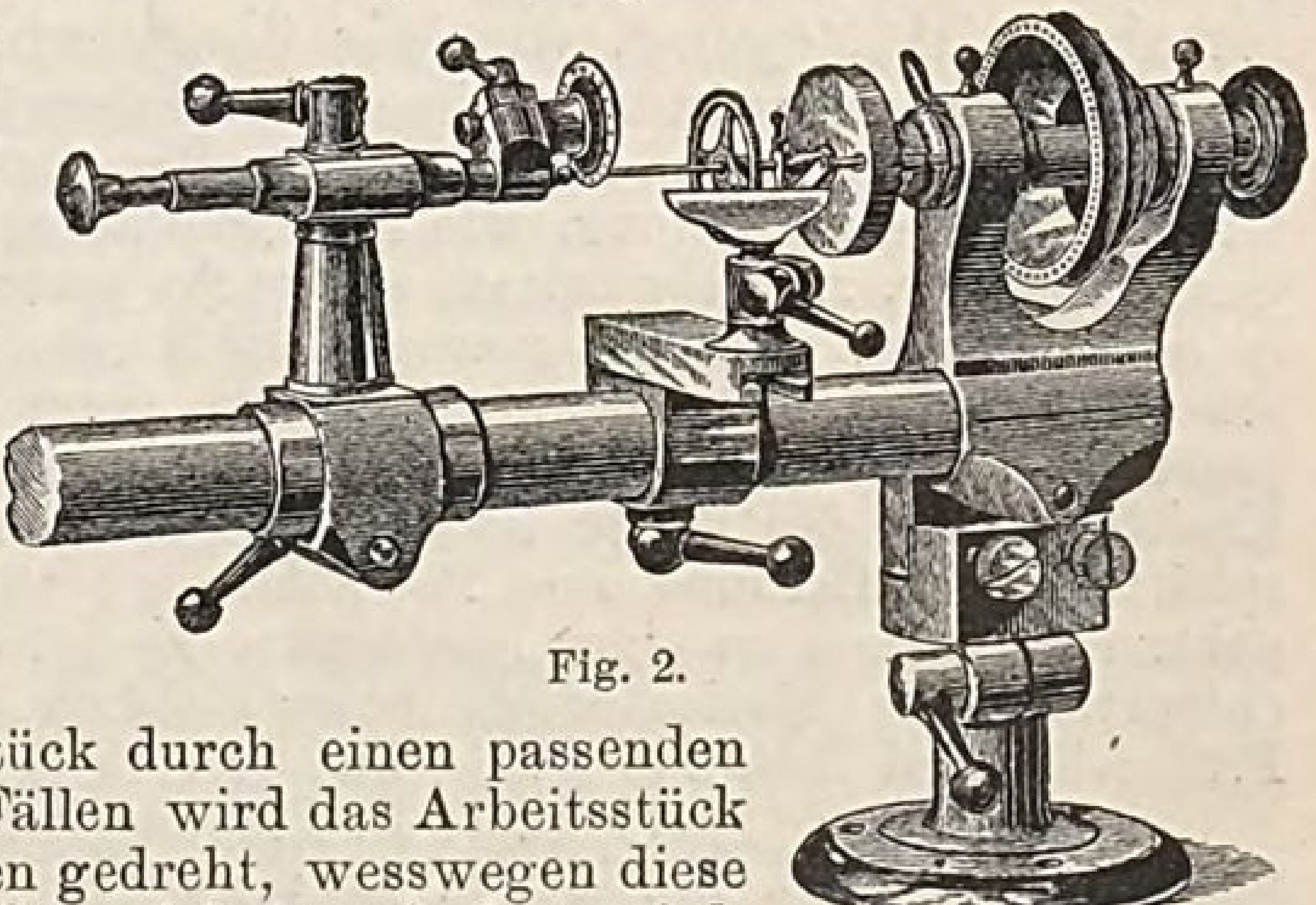


Fig. 1.

Ein Stiftendrehstuhl neuerer Einrichtung ist in Fig. 1 dargestellt. Auf der bei *a* in den Schraubstock fest einzuspannenden cylindrischen Stange *b* sind die beiden Spitzen *c* und *d* angebracht, welche einander in dem erforderlichen Masse genähert werden können, so dass man das Arbeitsstück, z. B. ein Stäbchen Draht mit den an seinen Enden vorgesehenen Körnern zwischen die Spitzen bringen kann. Zur Umdrehung des Gegenstandes wird auf demselben eine kleine Rolle befestigt, entweder durch einfaches Festklemmen oder mit Hilfe mehrerer Schrauben (Schraubenrolle), so dass die um diese Rolle ein- oder zweimal herumgelegte Schnur das Arbeitsstück umdreht, wenn der Bogen von der linken Hand des Arbeiters hin- und hergeführt wird. Der in der rechten Hand gehaltene Drehstichel findet hierbei seine Stütze auf der Auflage *e*, deren Einrichtung aus der Fig. hervorgeht.

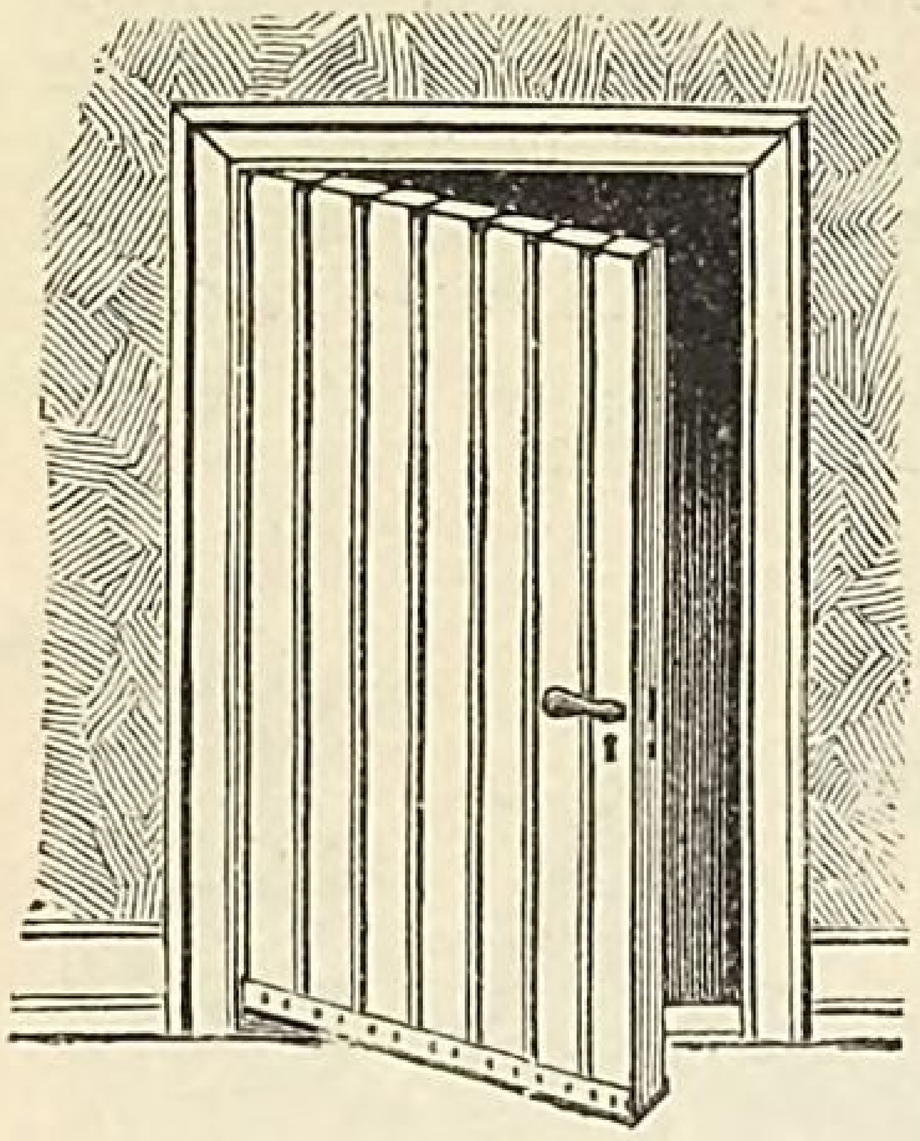
Für bestimmte Arbeitsstücke verwendet der Uhrmacher besondere, dem jeweiligen Zwecke entsprechende Drehrollen, wie z. B. die Unruhrolle, die Spindelrolle u. s. w. Hat der abzudrehende Gegenstand eine andere, z. B. scheibenförmige Gestalt, so bedient man sich der sogen. Drehstifte, das sind stählerne Stifte, die ebenfalls zwischen die Spitzen gelegt werden und an einem Ende mit der die Schnur aufnehmenden Drehrolle versehen sind, während das Arbeitsstück mit einer darin befindlichen zentralen Bohrung von dem andern Ende her fest auf den Drehstift geschoben wird, so dass die Befestigung auf dem nur wenig verjüngten Stifte vermöge der Reibung stattfindet. Der Uhrmacher hat solche Drehstifte in grösserer Zahl mit den für die üblichen Arbeiten passenden Abmessungen. Für besondere Gegenstände sind auch hier verschiedene eigenartig gebildete Drehstifte im Gebrauch, wie die Unruhdrehstifte, Kronraddrehstifte, Schneckendrehstifte, Kittdrehstifte, Zifferblattdrehstifte u. s. w. Bei den neueren Drehstühlen dieser Art setzt man übrigens die Drehrolle in der Regel nicht auf den Drehstift oder das Arbeitsstück, sondern lose drehbar neben der einen Spitze *c* auf den cylindrischen Ansatz und überträgt die Umdrehung auf das Arbeitsstück durch einen passenden Mitnehmer und ein kleines Herzstück. In allen Fällen wird das Arbeitsstück auf dem Stiftendrehstuhle zwischen festen Spitzen gedreht, wesswegen diese Arbeit sich insbesondere empfiehlt, wenn grosse Genauigkeit gefordert wird.


Fig. 2.

Ein Dockendrehstuhl neuerer Einrichtung ist in Fig. 2 dargestellt. Auch hier unterscheidet man verschiedene Drehstühle, wie den Gehäusemacherdrehstuhl, Unruhdrehstuhl, Kronraddrehstuhl, Schneckendrehstuhl u. s. w., deren Zweck sich aus der Bezeichnung ergibt.

Ausser den vorgedachten Drehstühlen können hier etwa noch die Schraubenpolir- und die Zapfenroulirstühle angeführt werden, einfache Geräte, die dazu dienen, den dünnen Zapfen für Taschenuhren mit Hilfe der Zapfenpolirfeilen überall die gleiche Dicke sowie die nötige Glätte und Politur zu geben. *Herrmann.*

Drehthüren, aus Eisen meistens rein konstruktiv durchgeführt, sind als aufgehängtes Eisenfachwerk zu betrachten. Im allgemeinen werden sie aus einem Rahmen von [-, L- oder T-Eisen gebildet, zu dessen Versteifung und Verbindung verschiedene wagrechte oder schräge Querriegel, aus Band- oder Fassoneisen gebildet, dienen. Der dazwischen liegende Raum wird durch Eisenblech, in jüngster Zeit meistens durch Wellblech ausgefüllt. Will man ausserdem Feuersicherheit erzielen, so kann der zwischen zwei Blechen frei gelassene Raum durch Isolirmasse (Infusorienerde, Kreide, Schlackenwolle etc.) ausgefüllt werden. Statt des doppelten Wellbleches wird auch das von der Firma E. de la Sauce & Kloss, Berlin N, Usedomstrasse 8, eingeführte Doppelwandblech angewendet, wodurch man eine absolut feuersichere Thür (s. Fig.) bildet. Die eisernen Drehthüren können ein- oder zweiflügelig gemacht werden. Zur Erleichterung der Bewegung empfiehlt es sich, besonders bei ganz grossen Drehthüren, das freie Ende auf einer eisernen Kreis-Rollbahn laufen zu lassen. In dem grossen Thor eine kleine Thür anzubringen, ist nicht zu empfehlen, weil dadurch die starken tragenden Verbindungsteile durchbrochen werden und eine Schwächung der Konstruktion eintritt. Zur Vermeidung von Durchbiegung und Ueberhängung der Thür wird zweckmässigerweise das obere Zapfenband durch eine mittelst eines Schraubenschlosses nachstellbare Zugstange mit dem mittleren Anschlagrahmen in der Diagonalrichtung verbunden, was ein leichtes Nachstellen und Nachspannen ermöglicht. *J. Hoch.*



Drehtopfstrecke, s. Baumwollspinnerei, Bd. 2, S. 105.

Drehturm, s. Schiffsarmirung.

Drehung, s. v. w. Draht, Zwirn, s. Baumwollspinnerei, Bd. 2, S. 110 und S. 114.

Drehung, s. Rotation.

Drehung, spezifische, s. Drehungsvermögen.

Drehung der Sphäre. Der scheinbare Umschwung des Himmelsgewölbes um seine Axe (die Weltaxe) im Lauf eines Tages, der thatsächlichen Rotation der Erde um ihre Axe entsprechend, vollzieht sich in einem Sterntag ($24^h\ 0^m\ 0{,}0^s$ Sternzeit =) $23^h\ 56^m\ 4{,}1^s$... mittlerer Zeit. Es ist wohl, wenn auch eine säkulare Retardation dieser Rotation durch Ebbe und Flut, durch geologische Veränderungen u. s. f. zu vermuten ist, und wenn auch kleine periodische oder nichtperiodische Schwankungen der Tageslänge nicht unmöglich sind, die gleichförmigste Bewegung, die wir überhaupt kennen.

Von Interesse ist der (neben dem allnächtlich bei hellem Himmel möglichen Augenschein der Drehung überhaupt und neben feineren Beweisen willkommene) einfachste Nachweis der Gleichförmigkeit dieser Drehung, wie ihn die Photographie der Umgebung des Himmelspols auf eine lang exponirte, zur Himmelsaxe senkrecht gestellte Platte (Axe des photographischen Objektivs in der Weltaxe) zu geben vermag; die Sterne in der Umgebung des Pols zeichnen Bögen ihrer scheinbaren Tagesbahnen auf die Platte, deren Längen den durch Verdeckung des Objektivs in passende Zeitabschnitte geteilten Expositionszeiten entsprechen. Die Stärke der Sternbahn-Kreisbögen auf der Platte ist dabei ausser von der Grössenklasse der Sterne auch von ihrer sphärischen Entfernung vom Pol abhängig; auch die Lage des Himmelspols zu den ihn umgebenden Sternen zu einer bestimmten Zeit lässt sich auf einer solchen Platte (mit einer bei entsprechenden Einrichtungen beträchtlichen Genauigkeit) leicht feststellen [1]; infolge der Präzession und Nutation (s. d.) ändert sich diese Lage im Laufe der Zeit.

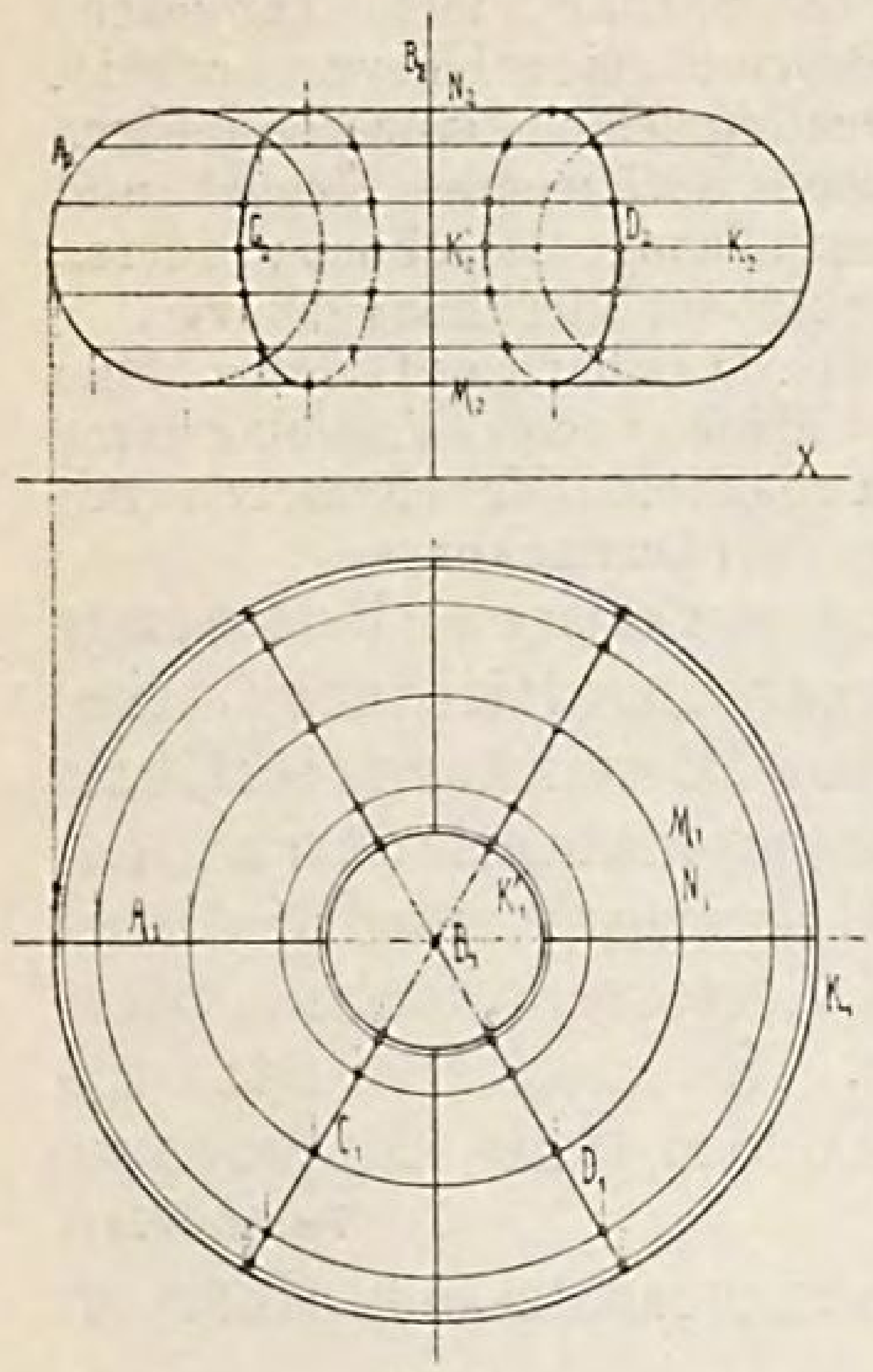
Litteratur: [1] Vergl. z. B. Flammarion, Détermination de la position du Pôle par la photographie, C. R. Bd. 120, S. 421; gibt eine Platte mit 11 Bahnen von Sternen mit kleinen Poldistanzen vom 6. September 1894, Expositionszeit $4^h\ 10^m$. *Hammer.*

Drehungsfestigkeit, s. Torsionsfestigkeit.

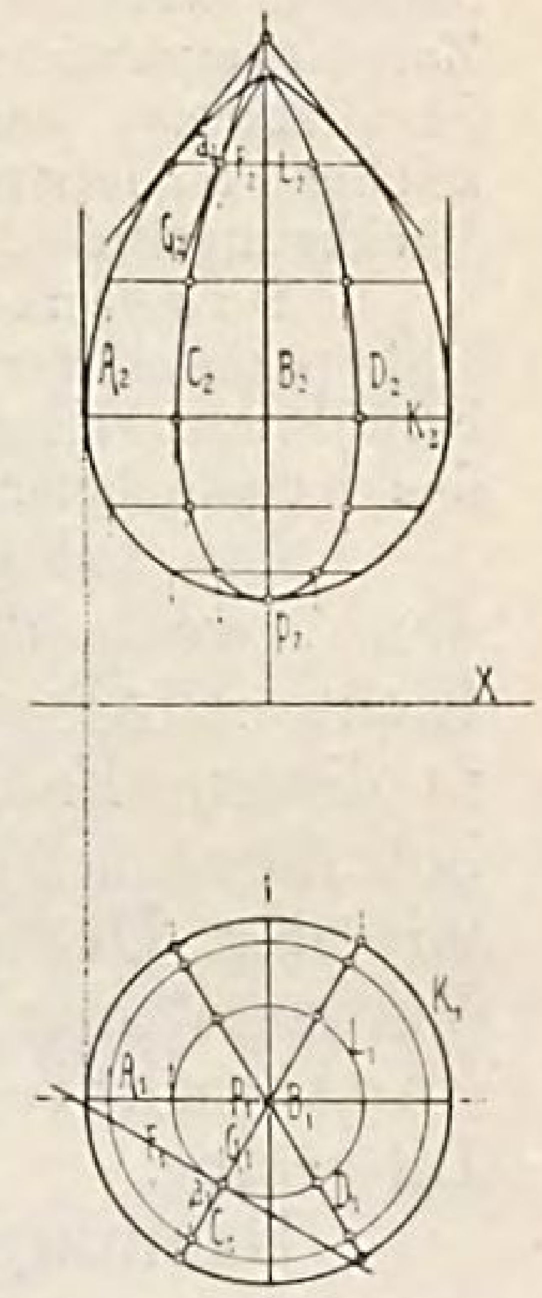
Drehungsfläche, entsteht durch Drehung einer ebenen Kurve *A* (s. Fig. 1 u. 2) um eine in ihrer Ebene befindliche Gerade *B* als Drehungsaxe. Eine zu letzterer senkrechte Ebene schneidet im allgemeinen die Fläche nach einer Kreislinie, welche ein Parallelkreis der Drehungsfläche genannt wird. Alle die Drehungsaxen enthaltenden ebenen Schnitte sind kongruente Figuren und heissen Meridiane

der Fläche, z. B. *C*, *D* (s. Fig. 1 u. 2). Ist der Meridian eine algebraische Kurve von der Ordnung *n*, so ist die Drehungsfläche eine algebraische Fläche von der *n*ten Ordnung.

Ist insbesondere die Meridiankurve eine Linie 2. Ordnung und eine Hauptaxe der letzteren die Drehungsaxe, so entsteht eine Drehungsfläche 2. Ordnung und zwar die Kugel, das Ellipsoïd, das Paraboloïd und das Hyperboloïd (s. d.), je nachdem als Meridiankurve der Kreis, die Ellipse, Parabel oder Hyperbel in Betracht kommt. Als Spezialfälle der Drehungsflächen 2. Ordnung sind der senkrechte Kreiskegel bezw. Cylinder zu erwähnen; im ersten Falle besteht der Meridian aus zweien auf der Drehungsaxe sich schneidenden Geraden, deren Winkel die letztere halbirt, im zweiten Falle bilden zwei parallele, gleich weit von der Drehungsaxe abstehende Gerade den Meridianschnitt der Drehungsfläche.


Fig. 2.

Zur geometrischen Darstellung einer Drehungsfläche wählt man zweckmässig eine Projektionsebene senkrecht zur Drehungsaxe, die andere parallel zu einer Meridianebene; in diesem Fall besteht der Grundriss der Fläche entweder aus einer Kreis- oder Ringfläche, der Aufriss ist begrenzt durch einen Meridianschnitt (s. Fig. 1 u. 2). Bei der oben genannten Annahme der Projektionsebenen projiziren sich die Aufrisse der Parallelkreise als Gerade senkrecht zur Drehungsaxe, die Grundrisse als konzentrische Kreise. Die Meridiane stellen sich im Aufrisse als affine Kurven mit der Drehungsaxe als Affinitätsaxe, die Grundrisse als den Grundriss der Drehungsaxe enthaltende Gerade dar (s. Fig. 1 u. 2).


Fig. 1.

Tangentialebenen der Drehungsfläche. Die Tangentialebenen längs den Punkten eines Parallelkreises an eine Drehungsfläche bilden im allgemeinen einen senkrechten Kreiskegel, dessen Axe mit der Flächenaxe zusammenfällt (s. Kreis *L*, Fig. 1); in speziellen Fällen kann der Kegel in einen Cylinder bezw. eine Ebene übergehen und es heisst im ersten Fall der bezügliche Parallelkreis ein Aequator, z. B. die Kreise *K* und *K'* in Fig. 1 u. 2; im letzteren Falle ein Polarkreis (s. die Kreise *M* und *N* in Fig. 2), bezw. ein Pol (s. Punkt *p*, Fig. 1) der Fläche. Längs den Punkten einer Meridiankurve bilden die Tangentialebenen an die Drehungsfläche eine Cylinderfläche, welche zur Ebene der Meridiankurve senkrecht steht und die Drehungsfläche nach der Meridiankurve berührt. Soll in irgend einem Punkte *a* der Drehungsfläche (s. Fig. 1) eine Tangentialabene konstruirt werden, so zeichnet man durch diesen Punkt einen Parallelkreis, sowie einen Meridian und an diese Kurven in dem gegebenen Punkte je eine Tangente *F* bezw. *G*, so ist durch die beiden Tangenten *F* und *G* die Tangentialebene bestimmt.

Schnitt einer Ebene mit einer Drehungsfläche. Man denkt sich die Fläche durch Ebenen senkrecht zur Drehungsaxe geschnitten; die Schnittlinien treffen die Drehungsfläche nach Parallelkreisen, die Ebene nach parallelen Geraden. Je ein Parallelkreis der Fläche und die in derselben Ebene liegende Gerade der Ebene treffen sich in Punkten der Schnittkurve zwischen Ebene und Drehungsfläche. Eine Tangente in einem Punkte an die Schnittkurve ergibt sich als Schnittlinie der Tangentialebene in dem betreffenden Punkte an die Fläche mit der Schnittebene.

Schnitt einer Geraden mit einer Drehungsfläche. Man legt durch die Gerade eine Ebene, bestimmt deren Schnitt mit der Drehungsfläche, die Schnittlinie trifft die Gerade in den gesuchten Schnittpunkten.

Schnitt zweier Drehungsflächen. Je nach der Lage der Axen beider Flächen lassen sich drei Fälle unterscheiden; entweder sind die Axen parallel oder sie schneiden sich oder sie sind windschief. Im ersten Falle schneidet man die beiden Drehungsflächen durch Ebenen senkrecht zu den Axen beider Flächen und erhält in jeder Fläche als Schnittlinien Parallelkreise, welche sich gegenseitig in Punkten der Schnittkurve beider Flächen begegnen; im zweiten Falle verwendet man als Hilfsflächen Kugeln, deren Mittelpunkte in den Schnittpunkt der beiden Axen fallen. Diese Hilfskugeln treffen beide Flächen nach Parallelkreisen, deren Schnitte Punkte der Schnittkurve beider Drehungsflächen liefern. Bei windschiefer Lage der Axen der Flächen schneidet man die beiden Flächen durch Ebenen, senkrecht zu einer der beiden Flächenaxen, und bestimmt die Schnittlinien der Hilfsebenen mit den beiden Flächen. Diese Schnittlinien treffen sich in Punkten der Schnittkurve beider Flächen.

Schnitt einer Drehungsfläche mit einer Cylinder- bezw. Kegelfläche. Man wählt auf der Drehungsfläche einen Parallelkreis, legt durch denselben eine zur Cylinder-

fläche parallele Cylinderfläche, bezw. eine mit der gegebenen Kegelfläche konzentrische Kegelfläche. Die Schnittgeraden beider Cylinder- bezw. Kegelflächen schneiden auf dem angenommenen Parallelkreise Punkte der Durchschnittskurve beider Flächen aus. Sind andere als die bisher genannten Flächen mit einer Drehungsfläche zum Schnitt zu bringen, so wird man die beiden Flächen mit solchen Hilfsflächen schneiden, deren Schnittkurven mit den gegebenen Flächen sich am einfachsten konstruiren lassen. Die Tangente in einem Punkte der Schnittkurve zweier Flächen bestimmt sich als die Schnittlinie der Tangentialebenen in dem betreffenden Punkte an die beiden Flächen.

Tangentenkegel von einem Punkte ausserhalb der Drehungsfläche an diese. Von einem Punkte ausserhalb der Fläche sind an letztere unzählig viele Tangenten möglich, welche einen Kegel einschliessen, der die Drehungsfläche nach einer Kurve berührt. Zur Konstruktion von Punkten dieser Kurve wählt man auf der Drehungsfläche einen beliebigen Parallelkreis, bestimmt den hierzu gehörigen, die Drehungsfläche berührenden Kegel und zeichnet an letzteren von dem gegebenen Punkte aus die möglichen Tangentialebenen; deren Berührungslinien liefern auf dem angenommenen Parallelkreis Punkte der Berührungskurve.

Tangentencylinder parallel einer Geraden an eine Drehungsfläche. Man legt parallel zur gegebenen Richtung an eine Reihe von die Fläche nach Parallelkreisen berührenden Kegeln die möglichen Tangentialebenen; die Berührungslinien der letzteren mit den Kegeln liefern auf den zugehörigen Parallelkreisen Punkte der Berührungskurve.

Die zuletzt genannten Konstruktionen gewinnen eine praktische Bedeutung dann, wenn durch den gegebenen Punkt, bezw. die gegebene Richtung, eine Lichtquelle bestimmt ist, von welcher aus die Fläche eine Beleuchtung erfährt; in diesem Falle bezeichnet die Berührungskurve des Tangentenkegels durch den betreffenden Punkt, bezw. des Tangentencylinders parallel der gegebenen Richtung mit der Drehungsfläche die Selbstschattengrenze auf letzterer Fläche unter Voraussetzung zentraler bezw. paralleler Beleuchtung. (S. auch Schattenkonstruktion, sowie die unter Darstellende Geometrie angegebene Litteratur. *Vonderlinn.*

Drehungskörper ist ein von einer Drehungsfläche eingeschlossener Körper. (S. Drehungsfläche).

Drehungsmesser, s. den Art. Gyrometer.

Drehungsmomente, s. Momente.

Drehungsvermögen, optisches. Eine grosse Anzahl von Kohlenstoffverbindungen besitzen die Eigentümlichkeit, die Schwingungsebene des polarisirten Lichtes zu drehen, wenn sie oder ihre Lösungen in irgend einer Flüssigkeit von demselben durchstrahlt werden. Das Auftreten dieses Drehungsvermögens oder „optischer Aktivität“ steht in nächstem Zusammenhang mit der chemischen Konstitution der Körper; es ist nämlich an das Vorhandensein mindestens eines „asymmetrischen“ Kohlenstoffatoms gebunden, d. h. eines, dessen vier Valenzen mit vier unter sich verschiedenen Atomen oder Atomgruppen gesättigt sind; jedoch muss nicht notwendigerweise jede solche Verbindung aktiv sein, da bei Vorhandensein paarweise gleich stark, aber in entgegengesetztem Sinne drehender Kohlenstoffatome innerhalb der Molekel eine Kompensation eintreten kann. Jede optisch aktive Substanz besitzt einen gleich stark, aber entgegengesetzt drehenden Zwilling, der häufig mit ihr in Gestalt einer Molekularverbindung vorkommt, wodurch auch Inaktivität verursacht wird. Nach dem Beispiel der aus Rechts- und Links-Weinsäure bestehenden Traubensäure (acidum racemicum) heisst diese Molekularverbindung „Racemie“ oder „racemische Bindung“. Der Betrag der Drehung der Schwingungsebene ist proportional der Länge l der durchstrahlten Schicht und annähernd auch der Anzahl c von Grammen der aktiven Substanz pro cbcm (Lösung oder reiner Substanz). Sei der beobachtete Drehungswinkel α, so ist das „spezifische Drehungsvermögen“ $[\alpha]_D^{20^0} = \frac{\alpha}{lc}$. Da dasselbe mit der Temperatur und der Lichtart veränderlich ist, so fügt man dem $[\alpha]$, wie hier geschehen, die Indices für die Temperatur (20^0) und die Wellenlänge des Lichts (D) bei. Da die Proportionalität mit der Konzentration c nicht streng ist, so ist das spez. Drehungsvermögen auch noch in gewissem Grade von dieser abhängig und ferner noch von der Natur des angewendeten Lösungsmittels. Das Produkt von spez. Drehungsvermögen und Molekulargewicht des aktiven Körpers heisst „molekulares Drehungsvermögen“ und wird auch durch $[M]$ bezeichnet. Während die Aktivität bei amorphen, festen, flüssigen und gasförmigen Körpern durch das Vorhandensein asymmetrischer Kohlenstoffatome bedingt ist, also offenbar

im Aufbau der Atome zur Molekel begründet ist, liegt die auch bei Kristallen vorkommende Aktivität jedenfalls an der Struktur des Kristalles, da hier die optische Aktivität mit der Kristallstruktur verschwindet, wie beim Auflösen, ausser wenn die betreffende Substanz des Kristalls vermöge eines vorhandenen asymmetrischen Kohlenstoffatoms selbst drehend ist. Im allgemeinen sind jedoch Kristalle solcher Substanzen optisch inaktiv. Ein Beispiel für Aktivität in beiden Formen bietet das Strychninsulfat. Die Bestimmung des optischen Drehungsvermögens erfolgt mit Hilfe von Polarisationsapparaten.

Litteratur: Landolt, Opt. Drehungsvermögen, Braunschweig 1879; van t'Hoff, Stereochemie, Leipzig 1892. *Abegg.*

Drehungswinkel, s. Torsionswinkel.

Drehvorrichtung, s. Schiffsmaschine, Laffetirung.

Drehwage. Die Drehwage, Torsionswage, ist ein von Michell 1793 erfundener Apparat und dient zum Messen kleiner Kräfte verschiedenster Art. Ueber eine wichtige Verwendung der Drehwage vergl. d. Art. Dichte der Erde. Coulomb bediente sich der Drehwage zum Nachweis des nach ihm benannten Gesetzes der Fernwirkung statisch elektrischer Ladungen und zum Messen der Grösse solcher Ladungen. Gemeinsam ist allen je nach dem Zweck der Verwendung verschiedenen Einrichtungen der Drehwage ein vertikaler elastischer Draht oder Faden, an welchem ein Körper aufgehängt ist, der in einer bestimmten Richtung bei untordirtem Draht seine Gleichgewichtslage hat, so lange keine Kraft auf Aenderung des Azimuts der Richtung hinwirkt; gemeinsam ist auch eine Vorrichtung, um den Winkel der Ablenkung des aufgehängten Körpers aus der Gleichgewichtslage zu messen, am besten, wo es sich um genaue Winkelbestimmung handelt, ein die Beobachtung aus einiger Ferne durch Spiegelablesung gestattender Spiegel, der um die Richtung des Drahts als Axe drehbar ist.

Bei der Coulomb'schen Drehwage besteht der angehängte Körper aus einem leichten, die Elektrizität nicht leitenden, horizontal schwebenden Stabe, der am einen Ende eine kleine vergoldete Hohlkugel aus Messing trägt, am andern Ende ein Gegengewicht. Der Hohlkugel kann durch Kontakt mit einer gleich grossen Standkugel mittelst eines aus dem das Ganze umschliessenden Glasgefäss hervorragenden Metallstabes eine Ladung erteilt werden. Der Draht hängt an einer drehbaren Scheibe, deren Drehungen an einer Gradteilung abgelesen werden können, so dass es möglich ist, das Azimut der Gleichgewichtslage des Wagbalkens, welches der Torsion Null entspricht, um beliebige Winkel zu ändern. Drehwagen besonderer Vorrichtung sind ferner die verschiedenen Galvanometer (s. d.) und das Quadrantenelektrometer (s. d.). Ist K das Trägheitsmoment des am Drahte hängenden Körpers und wirkt der Ablenkung um einen Winkel α ein aus der Drillung, der Torsion, des elastischen Drahtes entspringendes Drehmoment αD entgegen, so bildet die Drehwage eine Art Pendel von der Schwingungszeit $t = \pi \sqrt{\frac{K}{D}}$. Daraus ergibt sich das Drehmoment D für die Ablenkung um den Winkel $\alpha = 1$ (gemessen in Teilen des Halbmessers) $D = \pi^2 K : t^2$. Wenn die Massen und die Längen in Einheiten des absoluten Masssystems gemessen wurden und die Kraft X senkrecht zum zugehörigen Hebelarme l wirkt, so ergibt sich für einen Bogengrad Ablenkung die Kraft in Dynen $X = \pi^3 K : 180\, l\, t^2$. Um daher aus der Ablenkung der Drehwage auf die ablenkende Kraft oder auf deren Drehmoment schliessen zu können, stellt man mit der Drehwage vorausgehende oder nachfolgende Schwingungsversuche an und ermittelt aus einer längeren Reihe von Schwingungen die Schwingungszeit t. Auch das Trägheitsmoment K kann durch Schwingungsversuche gefunden werden, indem man zu dem angehängten Körper eine Masse von bekanntem Trägheitsmoment K_1 hinzufügt und die neue Schwingungszeit ermittelt. Aus den zwei Gleichungen

$$t = \pi \sqrt{\frac{K}{D}} \text{ und } t_1 = \pi \sqrt{\frac{K + K_1}{D}} \text{ folgt } K = K_1 \frac{d^2}{t_1^2 - t^2}.$$

Die Drehwage wird um so empfindlicher, D um so kleiner, je kleiner der Durchmesser und je grösser die Länge des Fadens gemacht wird. Die erwähnte experimentelle Bestimmungsart von K ist nicht ganz einwandfrei, weil der Faden bei anderer Spannung auf einen veränderten Wert von D erhalten wird. Auch Temperaturänderungen werden den Wert von D beeinflussen; solche sind daher sorgfältig zu vermeiden. Besonders werden die Ergebnisse der Drehwageversuche unsicher durch die elastische Nachwirkung im Aufhängedraht, weil diese die Nulllage verändert und die in der Theorie angenommene Proportionalität zwischen Ablenkung und ablenkender Kraft unsicher macht.

Als vorzüglichstes Material für Fäden hat Boys [1] Quarzfäden in Anwendung gebracht; sie zeichnen sich durch eine bei geringer Dicke noch sehr grosse Festigkeit und eine fast ideale Elastizität aus. Durch rasches Ausziehen der geschmolzenen Quarzmasse (mittelst abgeschossener Pfeile) ist es ihm

gelungen, Fäden von weniger als 0,00001 Zoll Dicke herzustellen, die auf grosse Länge gleichmässige Beschaffenheit zeigen. Es sei erwähnt, dass Boys [2] mittelst seiner Drehwage die Gravitationskonstante gleich 6,6576 . 10^{-8} bestimmt hat. Vergl., besonders auch über die weitere Litteratur, den Artikel Dichte der Erde. — Die amerikanische Torsionswage ist keine Drehwage, sondern eine Abänderung der Roberval'schen Tafelwage, in welcher Schneiden und Pfannen durch elastische Federn ersetzt sind [3].

Litteratur: [1] C. V. Boys, Philos. Magazine 45, S. 489—99, 1887. — [2] Ders., Beibl. zu Wiedem. Ann., Bd. 19, 10, S. 123, 1895. — [3] Zeitschrift für Instrumentenkunde, Bd. 10, S. 433, 1890.

Aug. Schmidt.

Drehweichen, veraltete Bezeichnung für Teildrehscheiben, die um einen Endpunkt drehbar sind und mit geringem Winkel zwei oder drei zusammenlaufende Gleise verbinden. (S. Drehscheiben).

Drehwerk, s. Guillochiren.

Drehwüchsigkeit, s. Nutzhölzer.

Drehzwilling, s. Kräftepaar.

Dreiblatt, 1. eine in der gotischen Ornamentik gebräuchliche Blattform, die sich aus drei kleineren Blättern zusammensetzt; 2. noch häufiger eine Form, die aus drei gleichen Spitzbogen gebildet wird, welche in einem Dreibogen sitzen.

Dreibogen, auch Drillingsbogen genannt, findet sich insbesondere in der gotischen Baukunst vor und besteht aus drei neben einander gestellten Bögen, die häufig im sogen. Triforium anzutreffen sind. (S. Gotischer Baustil.)

Dreibolzenkupplung, s. Kupplungen (im Eisenbahnwesen).

Dreibrandschwärze, gut geglühter Kienruss.

Dreideckschiff, s. Kriegschiffstypen.

Dreieck. 1. Das ebene Dreieck (Dreiseit) besteht aus drei Ecken ABC und drei Seiten $BC = a$, $CA = b$ und $AB = c$; es besitzt drei Winkel α, β und γ, wobei $\alpha + \beta + \gamma = 180^0$. Aussenwinkel heissen die Winkel je einer Dreieckseite mit der Verlängerung einer andern; jeder derselben ist gleich der Summe der beiden nicht anliegenden oder das Supplement des anliegenden. Besondere Dreiecke sind: α. Das rechtwinkelige mit einem rechten Winkel $\alpha = 90^0$. Die Gegenseite a desselben heisst Hypotenuse, die beiden anderen b und c Katheten. Lehrsatz des Pythagoras: Das Quadrat über der Hypotenuse ist gleich der Summe der Quadrate über den Katheten, also $a^2 = b^2 + c^2$. β. Das gleichschenkelige mit zwei gleichen Seiten, welche Schenkel heissen, während die dritte Basis genannt wird. Die Gegenecke der Basis heisst Spitze, die beiden anderen Basisecken. γ. Das gleichschenkelig-rechtwinkelige mit $\alpha = 90^0$, $\beta = \gamma = 45^0$. δ. Das gleichseitige mit $\alpha = \beta = \gamma = 60^0$.

Die Summe zweier Dreieckseiten ist grösser als die dritte. Kongruenzsätze s. Kongruenz. Aehnlich sind zwei Dreiecke, wenn sie die Winkel, einzeln verglichen, gleich und daher die Seiten proportional haben. Satz des Ceva, s. Ceva; Satz des Menelaus, s. Menelaus. Besondere Linien und Punkte des Dreiecks: a. Höhen sind die Lote von den Ecken auf die Gegenseiten; sie schneiden sich alle im Höhenschnittpunkt und verhalten sich umgekehrt wie die Gegenseiten. b. Schwerlinien sind die Verbindungslinien der Ecken mit den Mitten der Gegenseiten. Sie schneiden sich alle im Schwerpunkt und teilen sich daselbst im Verhältnis 2 : 1. c. Medianen sind die Halbirungslinien der Dreieckswinkel; sie schneiden sich alle im Mittelpunkt des Inkreises, welcher alle Dreieckseiten berührt; sie teilen die Gegenseiten im Verhältnis der anliegenden Seiten. d. Je eine Mediane schneidet die Halbirungslinien der ihrer Gegenseite anliegenden Aussenwinkel im Mittelpunkt des Ankreises, der die Gegenseite und die Verlängerungen der anderen Seiten berührt. e. Die Mittenlote der Seiten schneiden sich im Mittelpunkt des Umkreises, der durch die drei Ecken geht. f. Der Feuerbach'sche Kreis geht durch die Fusspunkte der Höhen und die Seitenmitten.

2. Das sphärische Dreieck besteht aus drei Punkten (Ecken) einer Kugel und den sie verbindenden Grosskreisbögen; von letzteren wählt man diejenigen, welche nicht grösser als der halbe Umfang der Kugel sind. Dieselben oder vielmehr, da der Kugelradius belanglos ist, ihre Zentriwinkel werden als Seiten bezeichnet. Dreieckswinkel in einer Ecke heisst der Winkel, den die Ebenen der anstossenden Grosskreise bilden. Die Summe der Seiten liegt zwischen 0^0 und 360^0; die Summe der Winkel zwischen 180^0 und 540^0; der Ueberschuss derselben über 180^0 heisst sphärischer Exzess. Zu jedem sphärischen Dreieck gehört ein Polar- oder Supplementardreieck, dessen Ecken die Pole der Seiten

des ersteren sind (d. h. sich zu diesen Seiten wie ein Erdpol zu einem Aequatorbogen verhalten) und dessen Winkel resp. Seiten die Supplemente der Seiten resp. der Winkel des ersteren sind. Vergl. auch Dreiecksberechnung und Trigonometrie. *Wölffing.*

Dreieck (Winkel), s. Zeichengeräte.

Dreiecke, geodätische, Dreieckskette, Dreieckskranz, Dreiecksnetz, Dreieckspunkt, s. die Artikel Triangulirung und Punktbestimmung, trigonometrische.

Dreiecke, fehlerzeigende, s. die Art. Graphische Ausgleichung (trigonometrische Punktbestimmungen) und Messtischaufnahme.

Dreiecksausgleichung, s. Netzausgleichung.

Dreiecksberechnung, Zusammenstellung der hauptsächlichsten Rechenformeln.

Gegeben:

I. Rechtwinkeliges, ebenes Dreieck (F = Flächeninhalt).

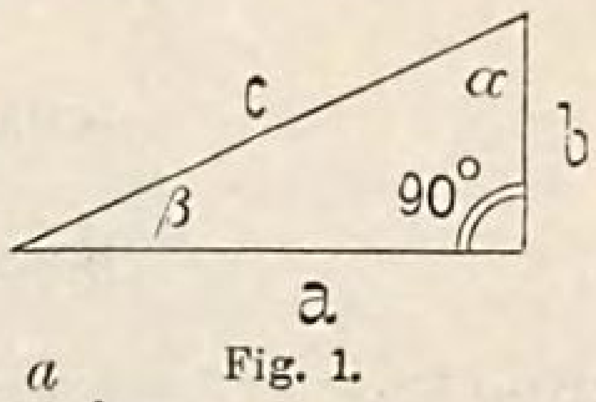


Fig. 1.

a, b — c und a oder b:
$$c = \sqrt{a^2 + b^2}; \quad a = \sqrt{(c+b)(c-b)}; \quad b = \sqrt{(c+a)(c-a)},$$

c und α oder β:
$$\alpha + \beta = 90^0.$$

a und α oder β — b und α oder β:
$$\sin\alpha = \cos\beta = \frac{a}{c}; \quad \cos\alpha = \sin\beta = \frac{b}{c}; \quad \operatorname{tg}\alpha = \operatorname{cotg}\beta = \frac{a}{b};$$
$$F = \frac{a \cdot b}{2} = \frac{a^2 \operatorname{tg}\beta}{2} = \frac{a c \sin\beta}{2} = \frac{c^2 \sin\alpha\cos\alpha}{2}.$$

II. Schiefwinkeliges, ebenes Dreieck (F = Flächeninhalt).

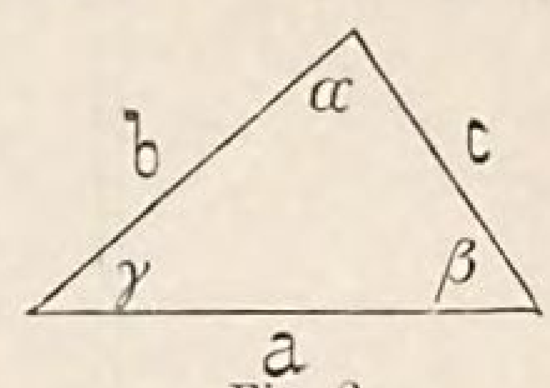


Fig. 2.

1. a, b, c
$$s = \frac{a+b+c}{2} \text{ (halbe Summe der Seiten)};$$
$$r = \sqrt{\frac{(s-a)(s-b)(s-c)}{s}} \text{ (Radius des eingeschriebenen Kreises)};$$
$$\operatorname{tg}\frac{\alpha}{2} = \frac{r}{s-a}; \quad \operatorname{tg}\frac{\beta}{2} = \frac{r}{s-b}; \quad \operatorname{tg}\frac{\gamma}{2} = \frac{r}{s-c};$$
$$\alpha + \beta + \gamma = 180^0; \quad F = \sqrt{s(s-a)(s-b)(s-c)}.$$

2. a, b, α
$$\sin\beta = \frac{b\sin\alpha}{a} \begin{Bmatrix} \beta < 90^0, \text{ wenn } a \geq b \\ \beta \lesseqgtr 90^0, \quad „ \quad a < b \end{Bmatrix}; \quad \gamma = 180^0 - (\alpha + \beta);$$
$$c = \frac{a\sin\gamma}{\sin\alpha} = \frac{b\sin\gamma}{\sin\beta}; \quad F = \frac{ab\sin\gamma}{2}.$$

3. a, b, γ
$$\tfrac{1}{2}(\alpha+\beta) = 90 - \tfrac{1}{2}\gamma; \quad \operatorname{tg}\tfrac{1}{2}(\alpha-\beta) = \frac{a-b}{a+b}\operatorname{cotg}\tfrac{1}{2}\gamma; \quad \begin{matrix} \alpha = \tfrac{1}{2}(\alpha+\beta) + \tfrac{1}{2}(\alpha-\beta) \\ \beta = \tfrac{1}{2}(\alpha+\beta) - \tfrac{1}{2}(\alpha-\beta) \end{matrix};$$
$$\alpha + \beta + \gamma = 180^0. \quad c = \frac{a\sin\gamma}{\sin\alpha} = \frac{b\sin\gamma}{\sin\beta} = (a+b)\frac{\sin\tfrac{1}{2}\gamma}{\cos\tfrac{1}{2}(\alpha-\beta)} =$$
$$(a-b)\frac{\cos\tfrac{1}{2}\gamma}{\sin\tfrac{1}{2}(\alpha-\beta)}; \quad F = \frac{ab\sin\gamma}{2}.$$

4. a, α, β
$$\gamma = 180^0 - (\alpha+\beta); \quad b = \frac{a\sin\beta}{\sin\alpha}; \quad c = \frac{a\sin\gamma}{\sin\alpha}; \quad F = \frac{a^2\sin\beta\sin\gamma}{2\sin\alpha}.$$

III. Rechtwinkeliges sphärisches Dreieck.

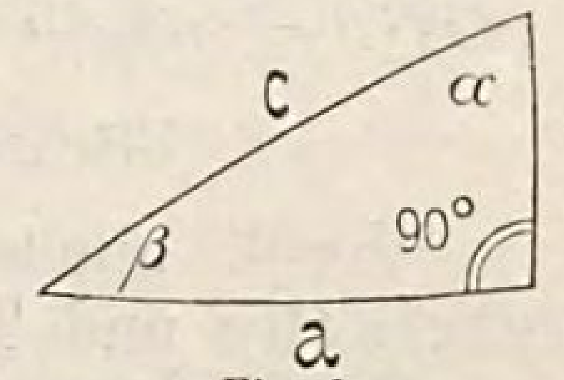


Fig. 3.

1. a, b
$$\gamma = 90^0. \quad \operatorname{cotg}\alpha = \operatorname{cotg}a\sin b; \quad \operatorname{cotg}\beta = \sin a\operatorname{cotg}b;$$
$$\cos c = \cos a\cos b, \text{ oder } \operatorname{cotg}c = \operatorname{ctg}\alpha\cos\beta, \text{ oder}$$
$$\operatorname{tg}(45^0 + \tfrac{1}{2}c) = \sqrt{\operatorname{tg}\tfrac{1}{2}(\alpha+a)\operatorname{cotg}\tfrac{1}{2}(\alpha-a)}.$$

2. a, c
$$\operatorname{tg}\tfrac{1}{2}b = \sqrt{\operatorname{tg}\tfrac{1}{2}(c+a)\operatorname{tg}\tfrac{1}{2}(c-a)}; \quad \operatorname{tg}(45^0 + \tfrac{1}{2}\alpha) =$$
$$\sqrt{\operatorname{tg}\tfrac{1}{2}(c+a)\operatorname{ctg}\tfrac{1}{2}(c-a)}; \quad \operatorname{tg}\tfrac{1}{2}\beta = \sqrt{\frac{\sin(c-a)}{\sin(c+a)}}.$$

3. a, α
$$\operatorname{tg}(45^0 + \tfrac{1}{2}b) = \sqrt{\frac{\sin(\alpha+a)}{\sin(\alpha-a)}}; \quad \operatorname{tg}(45^0 + \tfrac{1}{2}c) = \sqrt{\operatorname{tg}\tfrac{1}{2}(\alpha+a)\operatorname{ctg}\tfrac{1}{2}(\alpha-a)};$$
$$\operatorname{tg}(45^0 + \tfrac{1}{2}\beta) = \sqrt{\operatorname{cotg}\tfrac{1}{2}(\alpha+a)\operatorname{cotg}\tfrac{1}{2}(\alpha-a)}.$$

4. a, β
$$\operatorname{tg}b = \sin a\operatorname{tg}\beta; \quad \operatorname{cotg}c = \operatorname{cotg}a\cos\beta; \quad \cos\alpha = \cos a\sin\beta, \text{ oder}$$
$$\operatorname{cotg}\alpha = \operatorname{cotg}a\sin\beta, \text{ oder } \operatorname{tg}(45^0 + \tfrac{1}{2}\alpha) = \sqrt{\operatorname{tg}\tfrac{1}{2}(c+a)\operatorname{cotg}\tfrac{1}{2}(c-a)}.$$

5. c, α
$$\operatorname{cotg}\beta = \cos c\operatorname{tg}\alpha; \quad \operatorname{tg}b = \operatorname{tg}c\cos\alpha; \quad \sin a = \sin c\sin\alpha, \text{ oder}$$
$$\operatorname{tg}\tfrac{1}{2}a = \sqrt{\operatorname{tg}\tfrac{1}{2}(\alpha+\beta-45^0)\operatorname{tg}\tfrac{1}{2}(\alpha-\beta+45^0)}.$$

6. α, β
$$\cos a = \frac{\cos\alpha}{\sin\beta} \text{ oder } \operatorname{tg}\tfrac{1}{2}a = \sqrt{\operatorname{tg}\tfrac{1}{2}(\alpha+\beta-45^0)\operatorname{tg}\tfrac{1}{2}(\alpha-\beta+45^0)}$$
$$\cos b = \frac{\cos\beta}{\sin\alpha} \text{ oder } \operatorname{tg}\tfrac{1}{2}b = \sqrt{\operatorname{tg}\tfrac{1}{2}(\beta+\alpha-45^0)\operatorname{tg}\tfrac{1}{2}(\beta-\alpha+45^0)}$$
$$\cos c = \operatorname{cotg}\alpha\operatorname{cotg}\beta \text{ oder } \operatorname{tg}\tfrac{1}{2}c = \sqrt{\frac{\sin(\alpha+\beta-45^0)}{\cos(\alpha-\beta)}}.$$

Gegeben: | IV. Schiefwinkeliges sphärisches Dreieck.

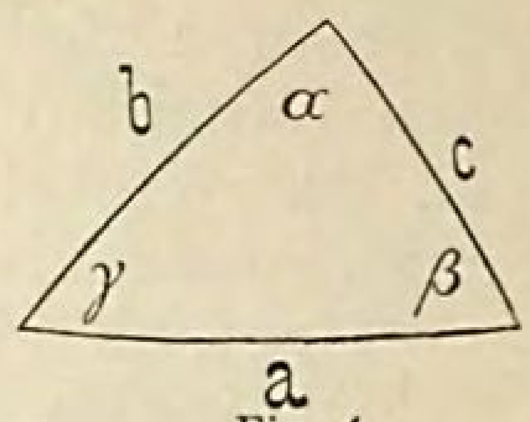


Fig. 4.

1. a, b, c

$$\operatorname{tg}\varrho = \sqrt{\frac{\sin(s-a)\sin(s-b)\sin(s-c)}{\sin s}}$$ (sphärischer Radius des dem Dreiecke eingeschriebenen Kreises)

$$\operatorname{tg}\frac{\alpha}{2} = \frac{\operatorname{tg}\varrho}{\sin(s-a)};\quad \operatorname{tg}\frac{\beta}{2} = \frac{\operatorname{tg}\varrho}{\sin(s-b)};$$

$$\operatorname{tg}\frac{\gamma}{2} = \frac{\operatorname{tg}\varrho}{\sin(s-c)};$$

2. a, b, α

$$\sin\beta = \frac{\sin b \sin \alpha}{\sin a}$$

$\beta < 90^0$ wenn $b < a < 180^0 - b$

$\beta > 90^0$ „ $b > a > 180^0 - b$

$\beta \gtrless 90^0$ „ $a < b$; $a < 180^0 - b$; $\alpha < 90^0$ oder

. „ $a > b$; $a > 180^0 - b$; $\alpha > 90^0$

kein Dreieck mit Seiten und Winkeln $< 180^0$ „ $a < b$; $a < 180^0 - b$; $\alpha > 90^0$ oder $a > b$; $a > 180^0 - b$; $\alpha < 90^0$.

$$\operatorname{tg}{}^1\!/_2\,\gamma = \frac{\cos{}^1\!/_2(a-b)}{\cos{}^1\!/_2(a+b)}\operatorname{cotg}{}^1\!/_2(\alpha+\beta) = \frac{\sin{}^1\!/_2(a-b)}{\sin{}^1\!/_2(a+b)}\operatorname{cotg}{}^1\!/_2(\alpha-\beta);$$

$$\operatorname{tg}{}^1\!/_2\,c = \frac{\cos{}^1\!/_2(\alpha+\beta)}{\cos{}^1\!/_2(\alpha-\beta)}\operatorname{tg}{}^1\!/_2(a+b) = \frac{\sin{}^1\!/_2(\alpha+\beta)}{\sin{}^1\!/_2(\alpha-\beta)}\operatorname{tg}{}^1\!/_2(a-b).$$

3. a, b, γ

$$\operatorname{tg}{}^1\!/_2(\alpha+\beta) = \frac{\cos{}^1\!/_2(a-b)}{\cos{}^1\!/_2(a+b)}\operatorname{cotg}{}^1\!/_2\,\gamma;\quad \operatorname{tg}{}^1\!/_2(\alpha-\beta) = \frac{\sin{}^1\!/_2(a-b)}{\sin{}^1\!/_2(a+b)}\operatorname{cotg}{}^1\!/_2\,\gamma;$$

$$\alpha = {}^1\!/_2(\alpha+\beta) + {}^1\!/_2(\alpha-\beta);\quad \beta = {}^1\!/_2(\alpha+\beta) - {}^1\!/_2(\alpha-\beta)$$

$$\operatorname{tg}{}^1\!/_2\,c = \frac{\cos{}^1\!/_2(\alpha+\beta)}{\cos{}^1\!/_2(\alpha-\beta)}\operatorname{tg}{}^1\!/_2(a+b) = \frac{\sin{}^1\!/_2(\alpha+\beta)}{\sin{}^1\!/_2(\alpha-\beta)}\operatorname{tg}{}^1\!/_2(a-b).$$

4. a, α, β

$$\sin b = \frac{\sin\beta \sin a}{\sin\alpha}$$

$b < 90^0$ wenn $\beta < \alpha < 180^0 - \beta$

$b > 90^0$ „ $\beta > \alpha > 180^0 - \beta$

$b \gtrless 90^0$ „ $\alpha < \beta, \alpha < 180^0 - \beta, a < 90^0$ oder

„ $\alpha > \beta, \alpha > 180^0 - \beta, a > 90^0$

kein Dreieck mit Seiten und Winkeln $< 180^0$ „ $\alpha < \beta, \alpha < 180^0 - \beta, a > 90^0$ oder

„ $\alpha > \beta, \alpha > 180^0 - \beta, a < 90^0$

$$\operatorname{tg}{}^1\!/_2\,c = \frac{\cos{}^1\!/_2(\alpha+\beta)}{\cos{}^1\!/_2(\alpha-\beta)}\operatorname{tg}{}^1\!/_2(a+b) = \frac{\sin{}^1\!/_2(\alpha+\beta)}{\sin{}^1\!/_2(\alpha-\beta)}\operatorname{tg}{}^1\!/_2(a-b);$$

$$\operatorname{tg}{}^1\!/_2\,\gamma = \frac{\cos{}^1\!/_2(a-b)}{\cos{}^1\!/_2(a+b)}\operatorname{cotg}{}^1\!/_2(\alpha+\beta) = \frac{\sin{}^1\!/_2(a-b)}{\sin{}^1\!/_2(a+b)}\operatorname{cotg}{}^1\!/_2(\alpha-\beta).$$

5. α, β, c

$$\operatorname{tg}{}^1\!/_2(a+b) = \frac{\cos{}^1\!/_2(\alpha-\beta)}{\cos{}^1\!/_2(\alpha+\beta)}\operatorname{tg}{}^1\!/_2\,c;\quad \operatorname{tg}{}^1\!/_2(a-b) = \frac{\sin{}^1\!/_2(\alpha-\beta)}{\sin{}^1\!/_2(\alpha+\beta)}\operatorname{tg}{}^1\!/_2\,c;$$

$$a = {}^1\!/_2(a+b) + {}^1\!/_2(a-b);\quad b = {}^1\!/_2(a+b) - {}^1\!/_2(a-b);$$

$$\operatorname{tg}{}^1\!/_2\,\gamma = \frac{\cos{}^1\!/_2(a-b)}{\cos{}^1\!/_2(a+b)}\operatorname{cotg}{}^1\!/_2(\alpha+\beta) = \frac{\sin{}^1\!/_2(a-b)}{\sin{}^1\!/_2(a+b)}\operatorname{cotg}{}^1\!/_2(\alpha-\beta).$$

6. α, β, γ

$$\sigma = \frac{\alpha+\beta+\gamma}{2}$$ (halbe Summe der Winkel); $$\operatorname{tg}P = \sqrt{\frac{-\cos\sigma}{\cos(\sigma-\alpha)\cos(\sigma-\beta)\cos(\sigma-\gamma)}}$$

(sphär. Rad. des dem Dreiecke umschriebenen Kreises)

$$\operatorname{tg}{}^1\!/_2\,a = \operatorname{tg}P\cos(\sigma-\alpha);\quad \operatorname{tg}{}^1\!/_2\,b = \operatorname{tg}P(\cos\sigma-\beta);\quad \operatorname{tg}{}^1\!/_2\,c = \operatorname{tg}P\cos(\sigma-\gamma).$$

7. Sphärischer Exzess $= \varepsilon = \alpha+\beta+\gamma-180^0$; $\operatorname{tg}{}^1\!/_4\,\varepsilon = \sqrt{\operatorname{tg}{}^1\!/_2\,s\,\operatorname{tg}{}^1\!/_2(s-a)\operatorname{tg}{}^1\!/_2(s-b)\operatorname{tg}{}^1\!/_2(s-c)}$.

Für geodätische Dreiecke (R = Erdradius) $$\varepsilon'' = F\frac{\varrho''}{R^2} = ab\sin\gamma\frac{\varrho''}{2R^2} = a^2\frac{\sin\beta\sin\gamma}{\sin(\beta+\gamma)}\cdot\frac{\varrho''}{2R^2} = \frac{\varrho''}{R^2}\sqrt{s(s-a)(s-b)(s-c)}.$$

Flächeninhalt $= F = \frac{\varepsilon}{\varrho}R^2$. (Kreiskonstante $\varrho'' = 206265$; $\lg\varrho'' = 5.3144251$)

Vergl. auch Punktbestimmung, trigonometrische, polygonometrische und Triangulirung. *Reinhertz.*

Dreiecksnetz, Dreieckspunkte. Wenn ein System von Dreiecken so angeordnet wird, dass benachbarte Dreiecke mindestens eine Seite gemeinschaftlich haben, so können, sobald in jedem Dreieck die Winkel gemessen sind und nur in irgend einem Dreieck eine einzige Seite (Basis, s. d.) bekannt ist, sämtliche übrigen Seiten von Dreieck zu Dreieck fortschreitend berechnet werden. Derartige Dreieckssysteme nennt man Dreiecksnetze (in besonderen Fällen Dreieckskette, -kranz), die Punkte, in denen die Seiten zusammentreffen, Dreieckspunkte (trigonometrische Punkte). Dieselben werden in der Land- und Erdmessung verwendet, um Entfernungen auf der Erdoberfläche zu bestimmen, die nicht unmittelbar gemessen werden können (für diesen Fall zuerst von Snellius 1617), sowie um die gegenseitige Lage von Punkten in einem auf eine bestimmte Berechnungsfläche bezogenen Koordinatensystem anzugeben. Näheres s. unter Triangulirung, sowie die dort bezeichneten weiteren Artikel. *Reinhertz.*

Dreiecksystem, s. Städtebau und Strassenbauordnung.

Dreieckszahlen, s. unter Figurirte Zahlen.

Dreieckträger sind Fachwerke (s. d.), deren Gurtungsaxen entweder der ganzen Länge nach Geraden folgen und sich an einem Trägerende schneiden, oder bei welchen die Gurtungsaxen, von einer mittleren Vertikale ausgehend, gerade Strecken bilden und sich an beiden Trägerenden treffen. Den letzteren Fall hat man z. B. bei den in Fig. 1 und 2 angedeuteten englischen Dachbindern, den ersten bei dem in Fig. 3 gezeigten Perrondachbinder. In statischer Beziehung ist charakteristisch für diese Träger, dass auch bei beliebiger veränderlicher Belastung, ohne Anwendung von Gegendiagonalen (s. d.), kein Stab Wechsel von Zug und Druck erhält, und dass die Beanspruchungen der Füllungsglieder nur von der Belastung der Knotenpunkte zwischen letzteren und demjenigen Trägerende abhängen, an welchem sich die angrenzenden Teile der beiden Gurtungsaxen schneiden.

Die Berechnung von Dreieckträgern hat man gewöhnlich für gleichmässig verteilte Lasten durchzuführen. Es handle sich um einen Träger mit n Feldern von gleichen Längen λ, so dass $l = n\lambda$ die Spannweite ist, während h die grösste Trägerhöhe, d_m die Länge der Diagonale im m-ten Felde bedeuten mögen und weitere Bezeichnungen in Fig. 1—3 ersichtlich sind. Dann erhält man für eine beliebige, auf die ganze Spannweite gleichmässig verteilte Last von u per Längeneinheit die Beanspruchungen der Stäbe (Zug positiv, Druck negativ) im m-ten Felde der ersten Trägerhälfte von Fig. 1 und symmetrisch dazu:

$$X_m = -(n-m)\frac{u\,l\,x}{4\,h},\quad Z_m = (n-m+1)\frac{u\,l\,z}{4\,h},\qquad 1.$$

$$D_m = -\frac{u\,l}{2\,h}\,d_m,\quad V_m = (m-1)\frac{u\,\lambda}{2}.\qquad 2.$$

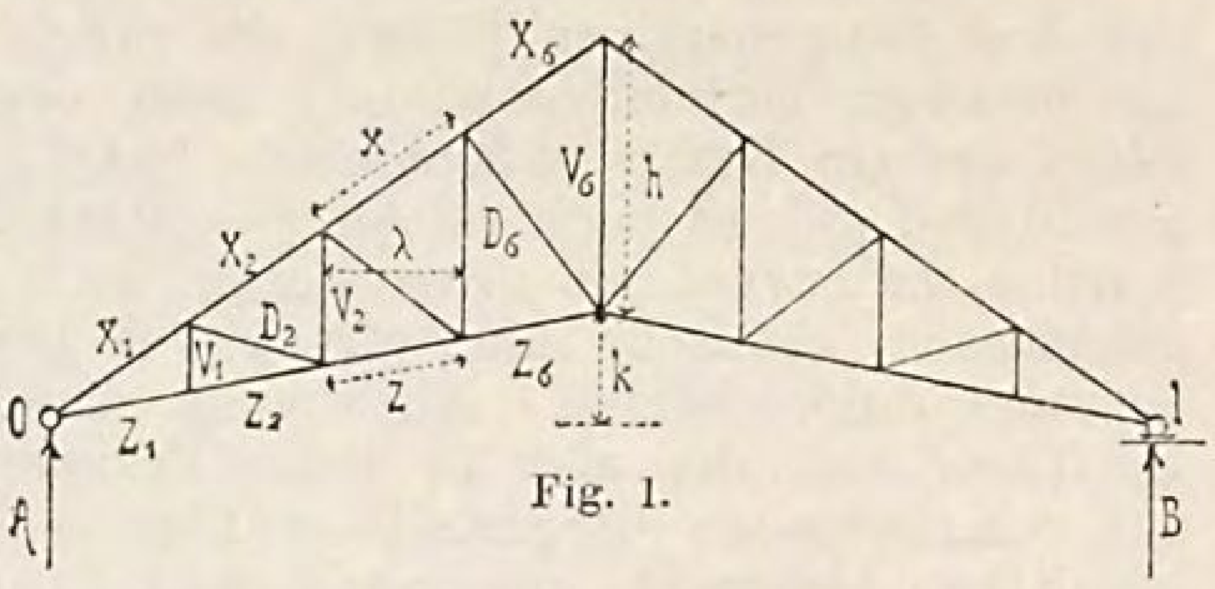


Fig. 1.

Für den ersten Untergurtstab und die mittlere Vertikale jedoch gelten ausnahmsweise:

$$Z_1 = Z_2,\quad V_\sigma = \left(n-2+n\frac{k}{h}\right)\frac{u\,\lambda}{2}.\qquad 3.$$

Im Falle von Fig. 1 werden also die Diagonalen gedrückt, die Vertikalen gezogen. — Die Beanspruchungen der Stäbe auf der ersten Trägerhälfte von Fig. 2 und symmetrisch dazu ergeben sich bei den dortigen Bezeichnungen im gleichen Belastungsfalle wie oben:

$$X_m = (n-m)\frac{u\,l\,x}{4\,h},\quad Z_m = -(n-m+1)\frac{u\,l\,z}{4\,h},\qquad 4.$$

$$D_m = \frac{u\,l}{4\,h}\,d_m,\quad V_m = -(m+1)\frac{u\,\lambda}{2},\qquad 5.$$

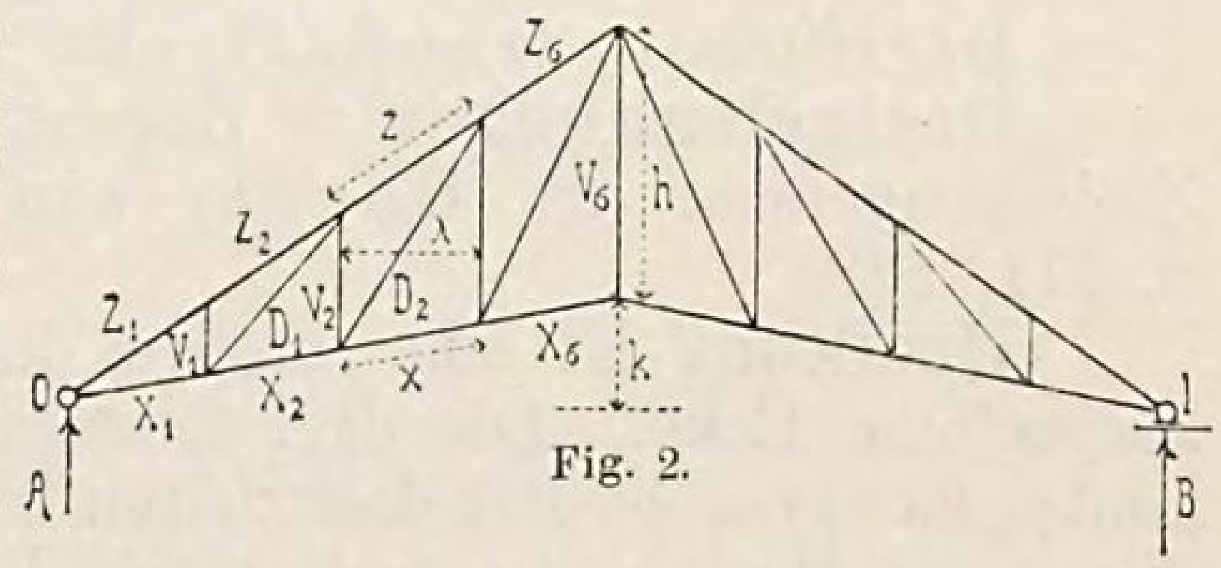


Fig. 2.

jedoch ausnahmsweise für den ersten Obergurtstab und die mittlere Vertikale:

$$Z_1 = Z_2,\quad V_\sigma = \frac{u\,l\,k}{2\,h}.\qquad 6.$$

Im jetzigen Falle werden also die Diagonalen gezogen, die Vertikalen, mit Ausnahme der mittleren, gedrückt. — Für den Träger (Fig. 3) schliesslich sind die Stabkräfte bei der angenommenen Belastung:

$$X_m = m\,\frac{u\,l\,x}{2\,h},\quad Z_m = -(m-1)\frac{u\,l\,\lambda}{2\,h},\qquad 7.$$

$$D_m = -\frac{u\,l}{2\,h}\,d_m,\quad V_m = (m-1)\frac{u\,\lambda}{2}\qquad 8.$$

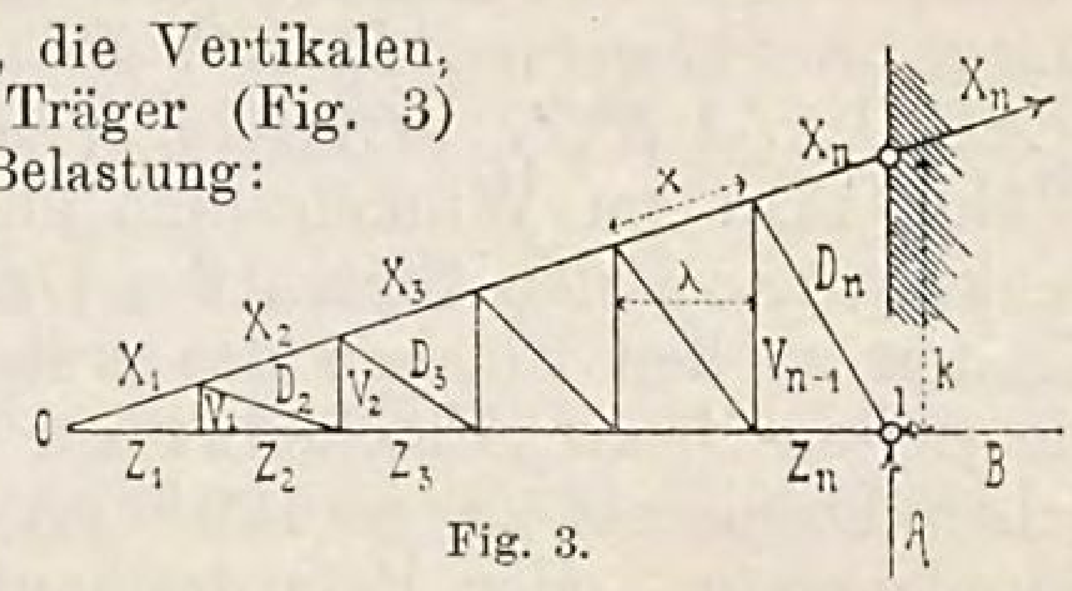


Fig. 3.

und wieder ausnahmsweise $Z_1 = Z_2$. Die Stützenreaktionen sind in den beiden ersten Fällen:

$$A = B = \frac{u\,l}{2};\qquad 9.$$

im letzten Falle, neben X_n:

$$A = \frac{u\,l}{2},\quad B = \frac{u\,l^2}{2\,h}.\qquad 10.$$

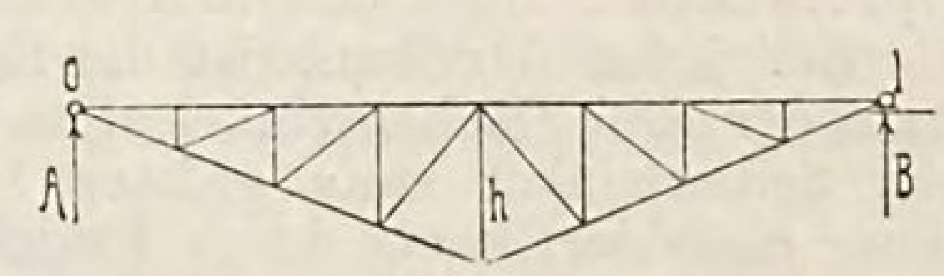


Fig. 4.

Wird sowohl das Eigengewicht als die Verkehrslast (letztere bei Dachbindern Schneedruck, und, wenn kein schiefer Winddruck berücksichtigt wird, auch der Vertikaldruck des Windes) als gleichmässig verteilt auf die Spannweite bezw. auf die ergriffene Strecke betrachtet, und bezeichnen g, p die entsprechenden Belastungen per Längeneinheit, so ergeben sich die oberen Grenzwerte der Stabkräfte und Stützenreaktionen aus vorstehenden Gleichungen mit $u = g + p = q$, die unteren mit $u = g$, wonach letztere zu ersteren im Verhältnis $g : q$ stehen. Beim Ansatze obiger Gleichungen ist angenommen, dass die ganze Belastung u in den Knotenpunkten des Obergurts angreift. Kommt ein Teil g_u von u auf die Knotenpunkte des Untergurts, dann ist sämtlichen Ausdrücken von V_m, V_σ je $g_u\,\lambda$ zu addiren, während die Beanspruchungen der Gurtungen und Diagonalen ungeändert bleiben. — Ableitung obiger Formeln s. [1] §§ 38, 39

und [2], S. 228, 230, Beispiele der Berechnung nach denselben [2], B 49, 50, Berücksichtigung schiefen Winddrucks [2], B 22. Formeln für beliebige Belastung in den Fällen Fig. 1 und 2 s. [1] §§ 38—40, im Falle Fig. 3 [2], A 20, 26. Berechnung von Dreieckträgern als Brückenträger, z. B. nach der Anordnung Fig. 4 s. [1] §§ 39, 40, Beispiel hierzu für gleichmässig verteilte bewegte Last [2], B 51, für bewegte Radlastzüge [2], B 52. — Bei horizontalem Untergurt wird auch der Polonceauträger (s. d.) zu einem Dreieckträger.

Litteratur: [1] Weyrauch, Theorie der statisch bestimmten Träger für Brücken und Dächer, Leipzig 1887. — [2] Ders., Beispiele und Aufgaben zur Berechnung der statisch bestimmten Träger für Brücken und Dächer, Leipzig 1888. — [3] Landsberg, Die Statik der Hochbaukonstruktionen (aus dem Handbuch der Architektur), Darmstadt 1889, S. 198, 222. — [4] v. Ott, Vorträge über Baumechanik, 3. Teil, Prag 1893, S. 252, 296. *Weyrauch.*

Dreifamilienhaus, s. Arbeiterwohnhäuser (Bd. 1, S. 435).

Dreifelderwirtschaft, landwirtschaftliches Betriebssystem, nach welchem das Ackerland in drei Schläge geteilt wird: der eine liegt brach, der andere wird mit Winterfrucht, der dritte mit Sommerfrucht bestellt.

Dreifuss, im allgemeinen jedes Gestell, das auf drei Füssen aufruht. Dasselbe hat die Aufgabe, einen Kessel, eine Schale oder eine Platte aufzunehmen und emporzuheben. Der antike Dreifuss wurde vom ursprünglichen Gebrauchsgegenstand zum Kultgerät erhoben und diente insbesondere als Opferpfannenträger, als Weihegeschenk für die Götter, sowie als Preis bei choragischen Wettkämpfen und Kampfspielen. (S. Choragisches Monument, Bd. 3, S. 44.)

Die kleineren Dreifüsse waren fast ausschliesslich aus Bronze hergestellt und bestanden aus drei stangenartigen Füssen, die zumeist in Tierklauen endigten und durch ein Geschränke mit einander verbunden waren; nach oben zu waren sie mit einem Becken oder mit einem Ring, der ein Gefäss aufzunehmen hatte, in Verbindung gebracht. Ausser diesen Dreifüssen aus Metall gab es auch solche aus Marmor, die zumeist in monumentaler Weise verwendet wurden und, wenn sie gross waren, noch eine mittlere Stütze (Omphalos) erhielten. Es gibt griechische, römische und etruskische Dreifüsse, die sich ihrem Stile nach wesentlich von einander unterscheiden. Aber auch das Mittelalter und die Renaissancezeit weisen vielfach Dreifüsse auf, die aber in dieser Periode ausschliesslich dem Haushalte dienen und meistens aus Schmiedeeisen hergestellt wurden. Auch in der Neuzeit wird der Dreifuss vielfach in häuslichen Gebrauch genommen und dient als Waschbeckenträger, Weinkühler u. dergl. [1].

Litteratur: [1] Franz Sales Meyer, Handbuch der Ornamentik, Leipzig 1888, S. 413.

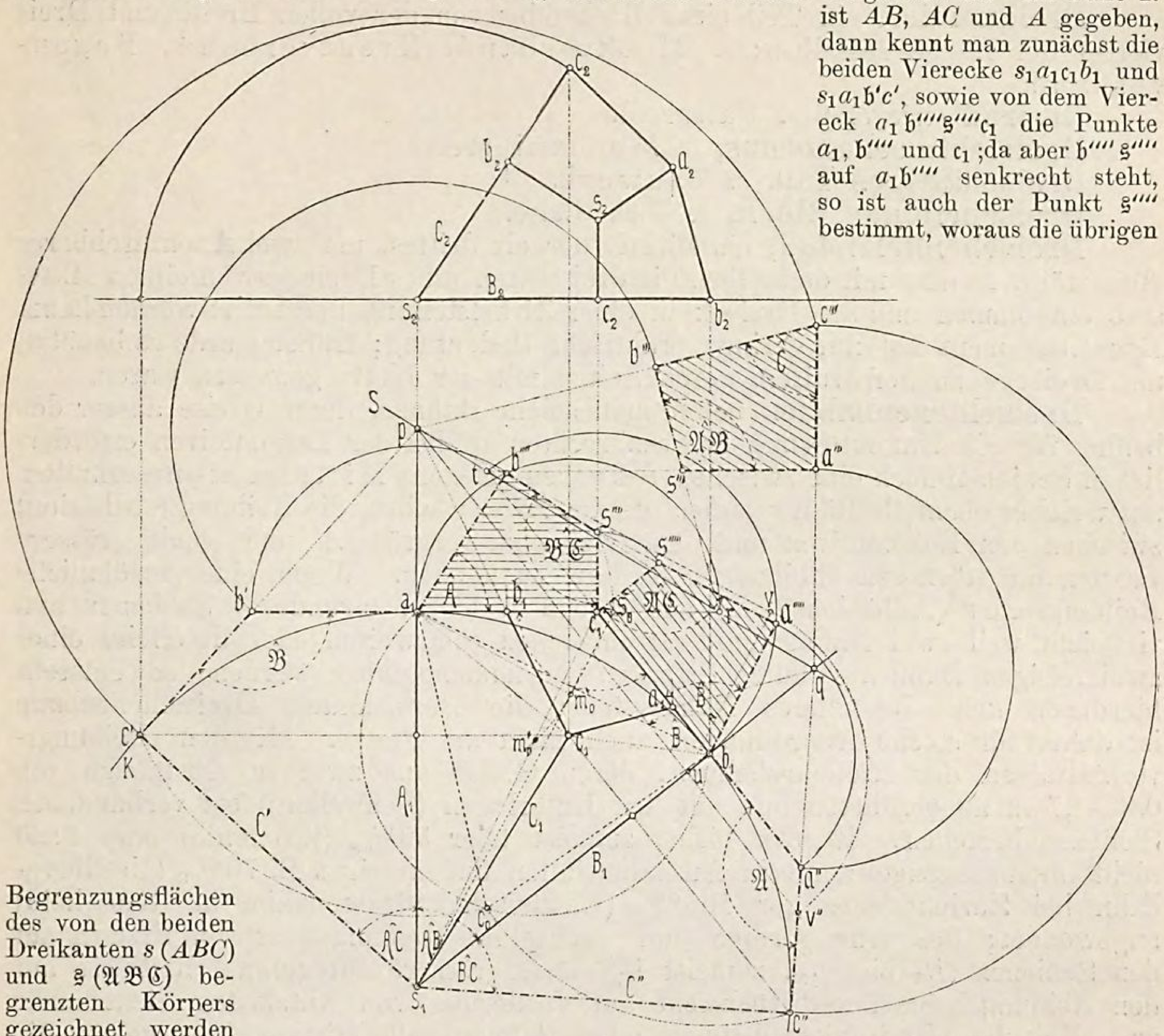
Dreifuss, s. Geodätische Instrumente. *v. Schubert-Soldern.*

Dreigelenkbogen = Bogenträger mit zwei Kämpfergelenken und einem Zwischengelenk. S. Bogen, einfache, und Bogenfachwerke, Bd. 2, S. 571, 578.

Dreikant ist eine von drei durch einen Punkt gehenden Ebenen begrenzte körperliche Ecke. Die drei Ebenen schneiden sich nach den Kanten des Dreikants, letzteres besitzt drei Seiten und drei Flächenwinkel. Erstere sind gebildet durch die Kanten, letztere durch die Flächen des Dreikants. Der sowohl den Flächen wie den Kanten gemeinsame Punkt heisst die Spitze des Dreikants. Durch die Ebenen AB, AC, BC entstehen im ganzen acht Dreikante, nämlich: $s(ABC)$, $s(A'B'C')$, $s(ABC')$, $s(ACB')$, $s(BCA')$, $s(A'B'C)$, $s(A'C'B)$ u. $s(B'C'A)$. Wählt man im Winkelraume eines Dreikants einen Punkt und fällt von ihm Senkrechte zu den Seiten des Dreikants, so entsteht ein neues Dreikant, dessen Kanten zu den Flächen des ersten Dreikants senkrecht stehen und in welchem die Seiten- bezw. Flächenwinkel die Flächen- bezw. Seitenwinkel des ursprünglichen Dreikants zu je 180^0 ergänzen, weshalb das zweite Dreikant auch das Supplementar- oder Polardreikant der ersten heisst.

Bei jedem Dreikant ist die Summe der drei Seitenwinkel stets kleiner als 360^0, die Summe der drei Flächenwinkel stets kleiner als 180^0; ausserdem ist die Summe bezw. Differenz zweier Seitenwinkel stets grösser bezw. kleiner als der dritte Seitenwinkel. Bei der Darstellung eines Dreikants durch Projektion lässt man zweckmässig stets eine Projektionsebene mit einer Seitenfläche zusammenfallen, während die zweite Projektionsebene zu einer Kante senkrecht steht. In der Figur S. 441 ist ein Dreikant $s(ABC)$ nebst dem dazu gehörigen Supplementardreikant $\mathfrak{s}(\mathfrak{A}\mathfrak{B}\mathfrak{C})$ durch Grund- und Aufriss gezeichnet; ausserdem sind sowohl von den Seiten- wie den Flächenwinkeln die wahren Grössen konstruktiv ermittelt. Das Polardreikant $\mathfrak{s}(\mathfrak{A}\mathfrak{B}\mathfrak{C})$ ist bestimmt durch die drei Tangentialebenen in den Schnittpunkten der Dreikantskanten A, B, C mit einer mit dem Dreikant $s(ABC)$ konzentrischen Kugel. Das Dreikant spielt in der Raumgeometrie eine ähnliche Rolle wie das Dreieck in der Geometrie der Ebene. Es ist stets geometrisch darstellbar, wenn man von ihm drei von einander unabhängige Stücke kennt. Hieraus ergeben sich sechs Fundamentalaufgaben über das Dreikant. Es können nämlich gegeben sein: 1. die drei Seitenwinkel, 2. zwei Seitenwinkel und der eingeschlossene Flächenwinkel, 3. zwei Seitenwinkel und der einem der beiden gegebenen Seitenwinkel gegenüberliegende Flächenwinkel, 4. ein Seitenwinkel und die beiden anliegenden

Flächenwinkel, 5. ein Seitenwinkel, sowie ein anliegender und ein gegenüberliegender Flächenwinkel, 6. die drei Flächenwinkel. — Im ersten Falle legt man die gegebenen drei Seitenwinkel AB, AC und BC an einander in die Projektionsebene, schlägt um s_1 mit einem beliebigen Halbmesser den Kreis K, der die umgelegten Kanten in c' und c'' schneidet. Mittelst c' und c'' bestimmt sich c_1 und aus c' und c_1 auch c_2, womit das Dreikant dargestellt ist. Im Falle 2. ist AB, AC und A gegeben, dann kennt man zunächst die beiden Vierecke $s_1 a_1 \mathfrak{c}_1 b_1$ und $s_1 a_1 \mathfrak{b}' c'$, sowie von dem Viereck $a_1 \mathfrak{b}'''' \mathfrak{s}'''' \mathfrak{c}_1$ die Punkte a_1, $\mathfrak{b}''''$ und $\mathfrak{c}_1$; da aber $\mathfrak{b}'''' \mathfrak{s}''''$ auf $a_1 \mathfrak{b}''''$ senkrecht steht, so ist auch der Punkt $\mathfrak{s}''''$ bestimmt, woraus die übrigen



Begrenzungsflächen des von den beiden Dreikanten $s\,(ABC)$ und $\mathfrak{s}\,(\mathfrak{A}\mathfrak{B}\mathfrak{C})$ begrenzten Körpers gezeichnet werden können. Es ergibt sich zunächst aus $a_1\mathfrak{s}'''' = a_1\mathfrak{s}_0$ der Punkt $\mathfrak{s}_0$ und damit die Linie $s_1\mathfrak{s}_0$; die Senkrechte $a_1 m_0$ zu $s_1\mathfrak{s}_0$ gibt den Halbmesser des dem Dreieck $a\mathfrak{b}c$ im Raume umbeschriebenen Kreises; es lässt sich nunmehr das dem Dreieck $a\mathfrak{b}c$ kongruente Dreieck $a_1 b_1 c_0$ zeichnen, womit sich $b_1 c_0$ und damit auch die Länge von $b_1 c''$, d. h. der Punkt c'' ergibt. Im Falle 3. sind gegeben die Seitenwinkel AB, AC und der Flächenwinkel B; man kennt die beiden Vierecke $s_1 a_1 \mathfrak{c}_1 b_1$ und $s_1 a_1 \mathfrak{b}' c'$, womit auch p gegeben ist. Zeichnet man nun das rechtwinkelige Dreieck puv, dessen eine Seite auf $s_1 b_1$ senkrecht steht und das bei u den Winkel B enthält, so ergibt sich aus v der Punkt v'' und damit die Linie $v''q$ als Tangente an den Kreis K. Die Fälle 4,5 und 6 sind mit Bezugnahme auf das Polardreikant gleichbedeutend mit den Fällen 2, 3, 1. ***Vonderlinn.***

Dreileitersystem, s. Beleuchtung, elektrische (Bd. 2, S. 221).

Dreimaster, s. Segelschiffstypen.

Dreinädlig wird ein Kulirwirkstuhl genannt, wenn er abwechselnd eine fallende Platine und zwei stehende Platinen enthält, also beim Kuliren Schleifen über drei Nadeln bildet.

Dreipass. Derselbe gehört dem gotischen Masswerk an und entsteht, wenn in einen Kreis drei kleinere Kreise in der Weise eingezeichnet werden, dass die mittleren Teile unverbunden bleiben; es heissen dann die Bögen Pässe und die vorstehenden drei Teile Nasen (Fig. 1, 2 u. 3). Die Konstruktion Fig. 2 erklärt sich von selbst. Bei Fig. 3 wird der Kreis durch

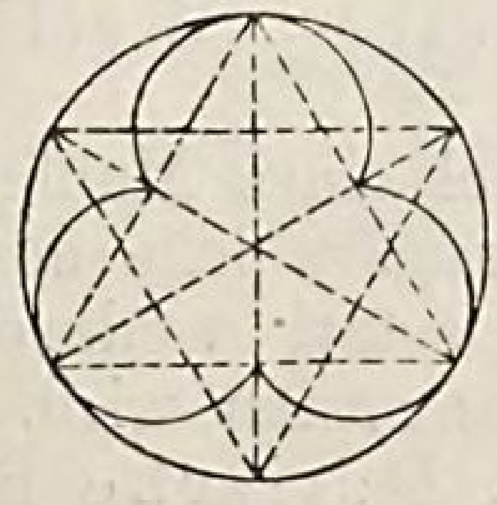


Fig. 1.



Fig. 2.

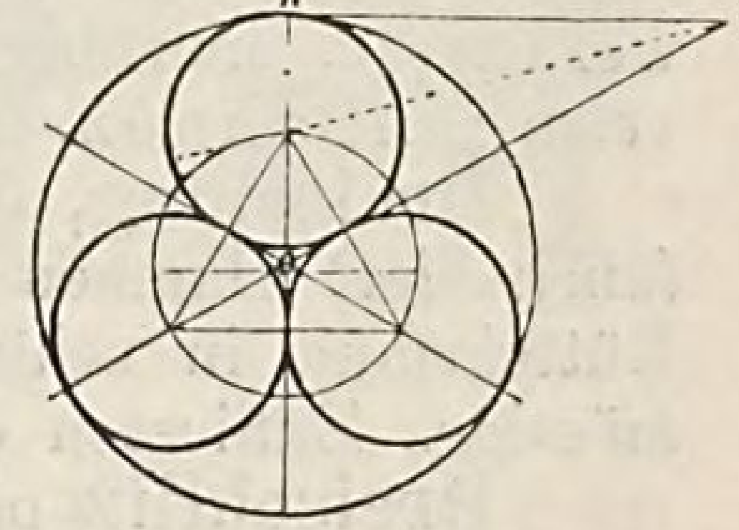


Fig. 3.

Radien in sechs Teile geteilt, der eine davon von *o* bis *b* verlängert, dann an den Punkt *n* eine Tangente gezogen und der Winkel *obn* halbirt; wo die Halbirungslinie den Radius *on* schneidet, ist der Mittelpunkt für den betreffenden Pass.

Litteratur: Bau-Lexikon v. Mothes, Leipzig und Berlin 1882. *v. Schubert-Soldern.*

Dreiquartier, ein Teil eines Backsteins von der vollen Breite und Dreiviertel der Länge desselben; s. Blockverband, Kreuzverband, Bogenverband.

Dreirad (tricycle), s. Fahrrad.

Dreirichtmechanismus, s. Mechanismen.

Dreischäftiges Tau, s. Tauwerk.

Dreischeibiger Block, s. Takelage.

Dreischenkelzirkel, ein Zirkel, der ein drittes, um zwei Axen drehbares Bein trägt, so dass mit demselben die drei Seiten eines Dreiecks von einem Massstab entnommen und das Dreieck in einer Zirkelstellung konstruirt werden kann. Das Instrument hat nur geringe praktische Bedeutung; früher wurde es benützt, um Dreiecke zu konstruiren, deren Seiten mit der Kette gemessen waren.

Dreischienenbahnen nennt man solche Bahnen, deren Gleise ausser den beiden für die Unterstützung der senkrechten Räder der Lokomotiven erforderlichen Schienen noch eine zwischen denselben gelegene Mittelschiene erhalten, auf welcher ebenfalls Räder laufen, die den Zweck haben, die Reibung (Adhäsion) zwischen den Lokomotiven und dem Gleise zu vergrössern und somit grössere Lasten auf stärkeren Steigungen fördern zu können. Wenn eine gewöhnliche Reibungsbahn (Adhäsionsbahn) aus irgend welchem Grunde 3 Schienen hat, vielleicht weil zwei Bahnen mit verschiedenen Spurweiten oder die Gleise einer zweigleisigen Bahn auf kurze Strecken zusammengeführt werden, so entsteht hierdurch kein besonderes Bahnsystem; die Bezeichnung Dreischienenbahn ist daher für solche Anordnungen auch nicht am Platze. Mit den Steigungsverhältnissen der Reibungsbahnen, deren Gleise aus zwei in Abständen von 0,6—1,7 m angeordneten und mit den Unterlagen (Schwellen) fest verbundenen Schienen bestehen, ist man bisher zumeist über 50 ‰ (pro mille) oder 1:20 nicht hinausgegangen; nur in Ausnahmsfällen finden wir z. B. 70 ‰ (Uetlibergbahn bei Zürich) oder gar 106 ‰ (Elektrische Strassenbahn in Remscheid) angewendet; der sehr geringe und wechselnde Reibungswert von Rädern auf den Schienen ($^1/_5$ bis $^1/_{15}$, zumeist $^1/_7$) lässt grössere Steigungsverhältnisse auf den Reibungsbahnen mit Rücksicht auf Förderung von Nutzlasten nicht mehr zu. Bei den Dreischienenbahnen oder Bahnen mit Mittelschiene gehen die Steigungsverhältnisse jedoch bis 480 ‰ oder nahezu 1:2. Die Mittelschiene der Dreischienenbahnen hat verschiedene Formen; sie besteht aus Holz (Reibungswert von Holz auf Eisen $^1/_2$ bis $^1/_4$), um die Reibung zu vergrössern, wie bei dem sogen. Superficial-Bahnsystem von Köstlin, das allerdings zu nennenswerter praktischer Verwendung nicht gekommen ist; oder aus Eisen, in welchem Falle zur Vermehrung der Reibung wagrechte Triebräder der Lokomotiven gegen die Eisenschienen gepresst werden, wie bei den Systemen von Krauss und Fell, oder aus einem Dreieckschienensystem, in welches ein Schraubenrad eingreift, wie beim System Wetli, oder schliesslich aus einer gezahnten Stange, in welche die Zahnräder der Fahrzeuge eingreifen, wie bei den Zahnstangenbahnen von Riggenbach, Abt und Locher. Von den Dreischienenbahnen sollen im folgenden nur die Systeme von Fell, Wetli und die Zahnstangenbahnen besprochen werden; s. hierüber Fells Bahnsystem, Wetlis Bahnsystem, Zahnstangenbahnen. *Dolezalek.*

Dreischlag, eine auf der Spindel eines Mahlganges (s. d.) sitzende, drei (auch vier) Daumen tragende Vorrichtung, welche den das Mahlgut zuführenden Rüttelschuh in schüttelnde Bewegung setzt, wodurch ein sicheres und gleichmässiges Zufliessen des Mahlgutstromes erzielt wird.

Dreischlitz oder Triglyph, s. Dorische Bauweise.

Dreischraubenschiffe, d. h. Schiffe mit drei Schraubenpropellern und drei getrennten Maschinenanlagen haben zurzeit nur in der Kriegsmarine Verwendung gefunden. Deutschland, Nordamerika und Frankreich haben in den

schnellen Panzerdeckkreuzern Kaiserin Augusta, Columbia und Dupuy de Lôme dieses System mit Erfolg zur Ausführung gebracht. Es entspringt dem Bedürfnis, einesteils die Maschinenkraft möglichst zu teilen, andernteils jedoch in der Hauptsache, grössere Strecken auf See mit geringem Kohlenverbrauch zurücklegen zu können. Da bei den Pferdestärken von 12000 bis 20000 die Steuerung der Maschinen nicht so eingerichtet werden kann, dass man bei 1200 bis 1500 indizirten Pferdestärken entsprechend einer Marschgeschwindigkeit von 10 bis 12 Knoten mit günstigem Füllungsgrad arbeitet (man muss den Dampf drosseln), so suchte man durch eine Dreiteilung der Maschinenanlage und durch Benützung nur einer Maschine bei geringer Geschwindigkeit — die beiden seitlichen Schraubenpropellern laufen dann losgekuppelt frei mit — einen möglichst günstigen Kohlenverbrauch zu erzielen und hierdurch bei gleichem Bunkerinhalt einen grösseren Aktionsradius zu gewinnen. Die Dreiteilung der Maschine bietet ausserdem den Vorteil, die Maschine unter dem Panzerdeck bequemer unterzubringen. Die Kompliziertheit der Anlage und die Erforderung eines zahlreicheren Maschinenpersonals schliesst die Anwendung dieses Systems für Handelsschiffe aus.

Litteratur: [1] Busley, Die neueren Schnelldampfer der Handels- und der Kriegsmarine, Kiel 1893. — [2] Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ingen. 1892, S. 1124 u. 1895, S. 1100. *Tj. Schwarz.*

Dreisitz, Celebrantenstuhl oder Levitensitz, dieser befand sich im Mittelalter in allen grösseren Kirchen und zwar an der Wand in der Nähe des Altares auf der Epistelseite und war bestimmt für den Priester, der erhöht in der Mitte sass, und für die Diakonen, die zu beiden Seiten etwas niedere Sitze angewiesen erhielten. In der ältesten Zeit waren dieselben aus Stein, später in Holz und mehr oder weniger reichem Schnitzwerk ausgeführt [1].

Litteratur: [1] Otte, D. H., Handbuch der Kunst-Archäologie, Leipzig 1883.

Dreispannmechanismus, s. Mechanismen.

Dreispitz (Zwirl), s. Drehen.

Dreispitzzirkel, s. Reisszeug.

Dreiteiliges Band, s. Bänder (Bd. 1, S. 692).

Dreiteilige Weichen, besser Doppelweichen genannt, Abzweigung zweier Seitengleise aus einem Stammgleis entweder in einem Punkte (symmetrische Doppelweiche) oder in zwei einander auf bestimmtes Mass genäherten Punkten (verschränkte oder unsymmetrische Doppelweiche), s. Weichen.

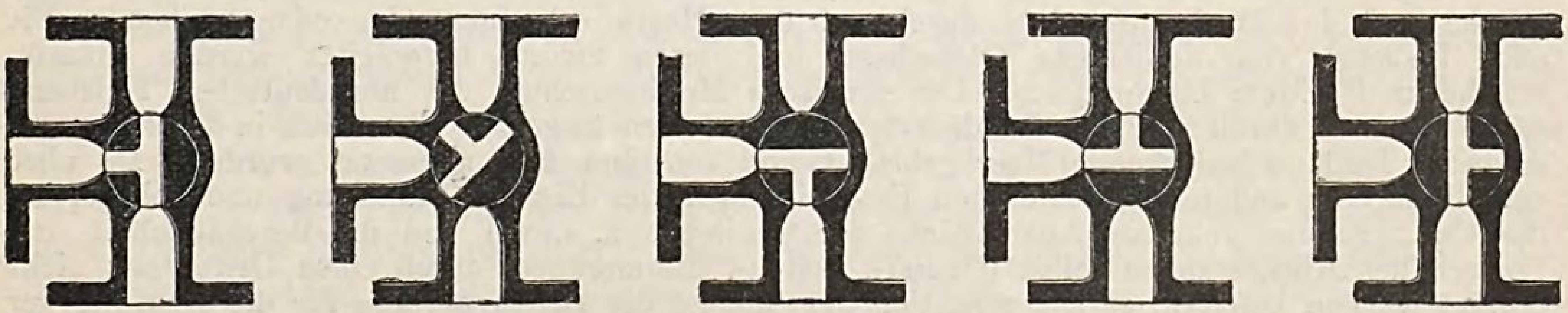
Dreiviertelsäule ist eine Säule, die zu $^3/_4$ aus einer Wand vortritt; sie erscheint weit plastischer als eine Halbsäule und nimmt weniger Raum ein als eine volle Säule.

Dreiviertelstab ist ein Rundstab, der im Durchschnitt mehr als einen Halbkreis bildet.

Dreiwalzenstuhl, ein Walzenstuhl (s. d.) mit drei Walzen, von denen die mittlere mit jeder der beiden anderen ein zusammenarbeitendes Paar bildet.

Dreiwalzenzug, s. Walzwerk.

Dreiweghähne, Durchgangshähne mit drei Anschlüssen für Rohrleitungen, so konstruirt, dass jede der drei Leitungen entweder mit nur einer oder mit den beiden anderen verbunden werden kann; auch können alle Leitungen ganz abgesperrt werden. Die Konstruktion ist in der Regel die eines Konus-



(Lilien-)hahnes; die beistehenden Skizzen zeigen, wie durch die veränderten Stellungen des Hahnkonus die verschiedenen Verbindungen und Absperrungen erreicht werden. Je nach der Art der anschliessenden Leitungen werden die Abgangsstutzen des Dreiweghahns als Lötzapfen, Muffen mit Eisenrohrgewinden oder als Flantschstutzen ausgeführt. Material: Messing oder Rotguss bei kleinen, Gusseisen, eventuell mit Metallkonus, bei grösseren Durchmessern. *C. Blecken.*

Drell (Drill), s. Weberei.

Drempel, s. Schiffsarmirung, Schleuse.

Drempelmauer, Kniestockmauer, volle oder mit Lichtöffnungen versehene Mauer, welche den Kniestock nach vorne abschliesst und an welche sich innen unmittelbar die hölzerne Drempelwand anschliesst.

Drempelstiele, die vertikalen Hölzer einer Drempelwand.

Drempelwand, s. Dachstuhl, Bd. 3, S. 106.

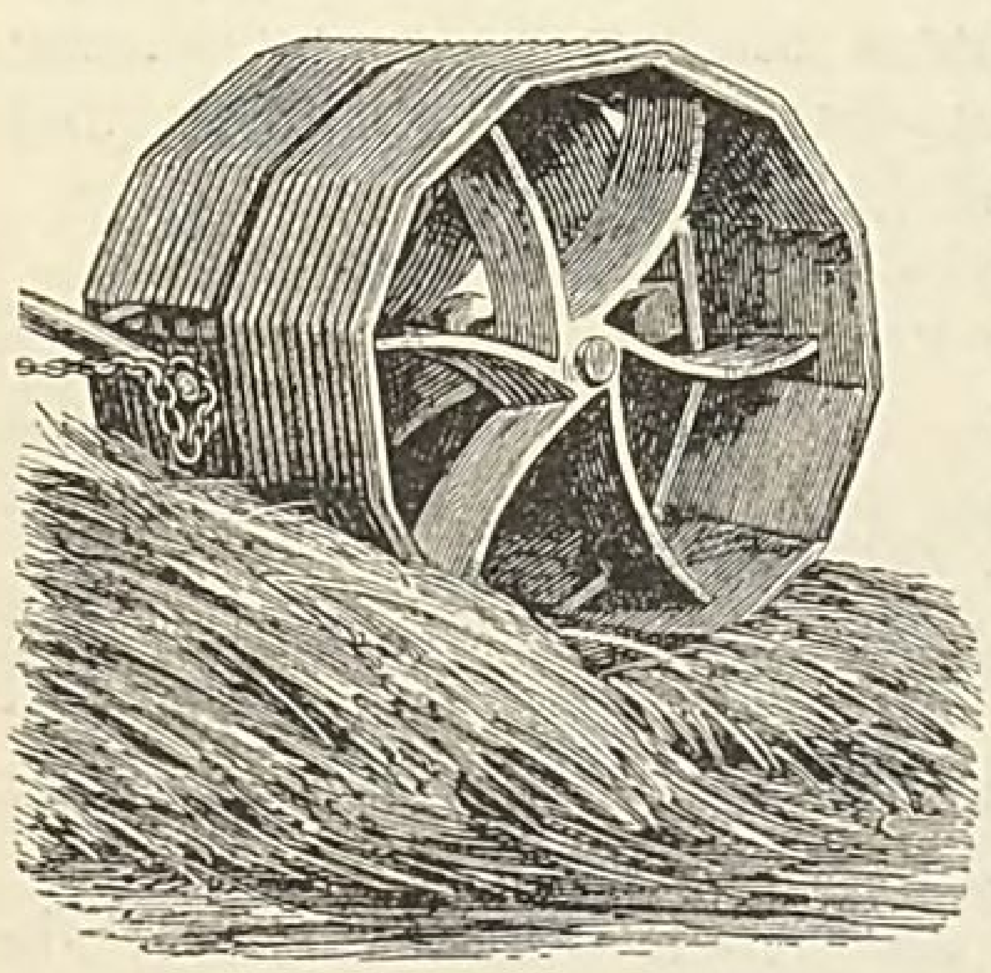
Drescher (Stäuber), Maschine zur trockenen Reinigung der Lumpen bei der Papierfabrikation (s. d.).

Dreschmaschine, findet in der Landwirtschaft Verwendung zum Entkörnen von Getreide, Hülsenfrüchten, Raps und eventuell auch Klee.

Gute Dreschmaschinen dreschen reiner, als von Hand möglich ist, ermöglichen rascheren Ausdrusch und rechtzeitigen Verkauf der von der Maschine selbst mehr oder weniger vollständig gereinigten Körner. Je nach der Art des Betriebes unterscheidet man Hand-, Göpel- und Dampfdreschmaschinen (näheres s. unter diesen Stichworten), je nach dem Bau der Dreschtrommel: Stiften- und Schlagleistenmaschinen. *Strebel.*

Dreschmaschine, in der Floretspinnerei, s. Seidenspinnerei.

Dreschwalze, dient zum Entkörnen von Getreide und Hülsenfrüchten und wird in manchen Gegenden Süddeutschlands besonders zum Ausdrusch des Dinkels (Spelzweizen) benützt. Die Dreschwalze hat die meiste Aehnlichkeit mit einer grossen Ringelwalze (s. Walzen).



Auf eine eiserne Welle ist eine Anzahl von starken, an ihrer Peripherie scharfkantigen, gusseisernen Ringen aufgezogen oder sind wohl auch die Ringe zusammengegossen, so dass die Walze aus zwei Teilen besteht. Von der Mitte der Welle geht eine Schiene mit Haken nach dem Wagscheit des beim Auswalzen verwendeten Zugtiers. Schmid-Freudenstadt fertigt die beiden Walzenhälften im Querschnitt nicht rund, sondern zwölfeckig, um zugleich eine Schlagwirkung zu erreichen (s. Fig.). Die Dimensionen sind: Walzendurchmesser 65—75 cm, Breite der Dreschwalze 1,5 m, Gewicht 950—1000 kg, Preis pro 100 kg 20 *M.* Bei Verwendung der Dreschwalze wird das Getreide in der Scheunentenne angelegt und nun bei mehrmaligem Wenden so lange mit derselben hin- und zurückgefahren, bis das Getreide rein ausgewalzt ist. Beim Umkehren mit dem Zugtier bleibt die Walze stehen, nur das Wagscheit wird übergeschlagen, worauf die Dreschwalze rückwärts gezogen wird.

Der Hauptvorzug der Dreschwalze besteht darin, dass sie äusserst einfach und geradezu unverwüstlich ist und fast keine Abnützung erfährt; ausserdem wird das Stroh in unverwirrtem Zustande gewonnen und endlich kann an Handarbeit gespart und ein reiner Ausdrusch ohne Beschädigung der Körner erzielt werden. *Strebel.*

Dressing, s. Seidenspinnerei.

Dressiren, s. Weberei.

Dressirmaschine, s. Strohhutfabrikation.

Drift, Driftformation nennt man in der Geologie die Erscheinung der sogen. erratischen Blöcke im ganzen, also dasselbe, was man heute unter Glacialbildungen, Moränen, Findlingen, Geschiebelehm u. s. w. versteht.

Dem Begriff Drift lag dabei die Annahme zu Grund, dass der Transport der fremden Blöcke und des Moränenschuttes durch auf dem Meere schwimmendes oder treibendes Eis oder Eisberge von denjenigen Gletschern und deren Schutt hergeleitet werden müsste, welche in das Meer hineinragten. Der nordische Moränenschutt der norddeutschen Tiefebene wäre demnach durch von den skandinavischen Gletschern losgelöste Eismassen in das das norddeutsche Tiefland bedeckende Meer gebracht und von ihm hier abgesetzt worden. Da aber eine Reihe von anderen mechanischen Erscheinungen der Eiszeit (Stauchung und Scheuerung des Untergrundes, gekritzte Aussenfläche der Geschiebe u. s. w.) und die Beschaffenheit und Formen der Ablagerungen selbst (Grund-, Seiten-, Endmoränen) durch einen Driftabsatz nicht erklärt werden konnten, so sah man sich gezwungen, die Drifthypothese für die Deutung der eiszeitlichen Erscheinungen aufzugeben und sie durch die Glacialtheorie (Inlandeis) zu ersetzen. *Leppla.*

Drill (Drell), s. Weberei.

Drillbohrer, s. Bohrgeräte (Bd. 2, S. 604.)

Drillich, s. Weberei.

Drillingsdurchlässe. Wenn die erforderliche lichte Weite eines offenen oder eines Plattendurchlasses grösser ist, als jene, die man durch Eindeckung

mit Schienen bezw. Platten erzielen kann, so ordnet man bisweilen drei solche Durchlässe unmittelbar neben einander (mit gemeinschaftlichen Zwischenwangen) an: Drillingsdurchlässe. S. auch Durchlässe. *Schmitt-Darmstadt.*

Drillingsgebläsemaschine, s. Gebläse.

Drillmaschine, -saat, s. Reihensäemaschine.

Drittel, s. Grubenbetrieb.

Drittel-Antimonzinn, s. Zinnlegirungen.

Drittelgevierte, s. Ausschliessungen.

Drittelsilber, s. Silberlegirungen.

Drömling, ein ausgedehntes Grünlandsmoor im südlichen Teil des Kreises Salzwedel, Regierungsbezirk Magdeburg, welches durch die Ohre in südöstlicher Richtung durchschnitten wird.

In weiteren Kreisen bekannt wurde der Drömling dadurch, dass von dem an seinem nordwestlichen Rande gelegenen Rittergut Cunrau die als Moordammkultur (s. Moorkultur) bekannte, bahnbrechende Methode des Gutsbesitzers T. H. Rimpau zur Urbarmachung von Niederungsmooren ihren Ausgang nahm. *Drach.*

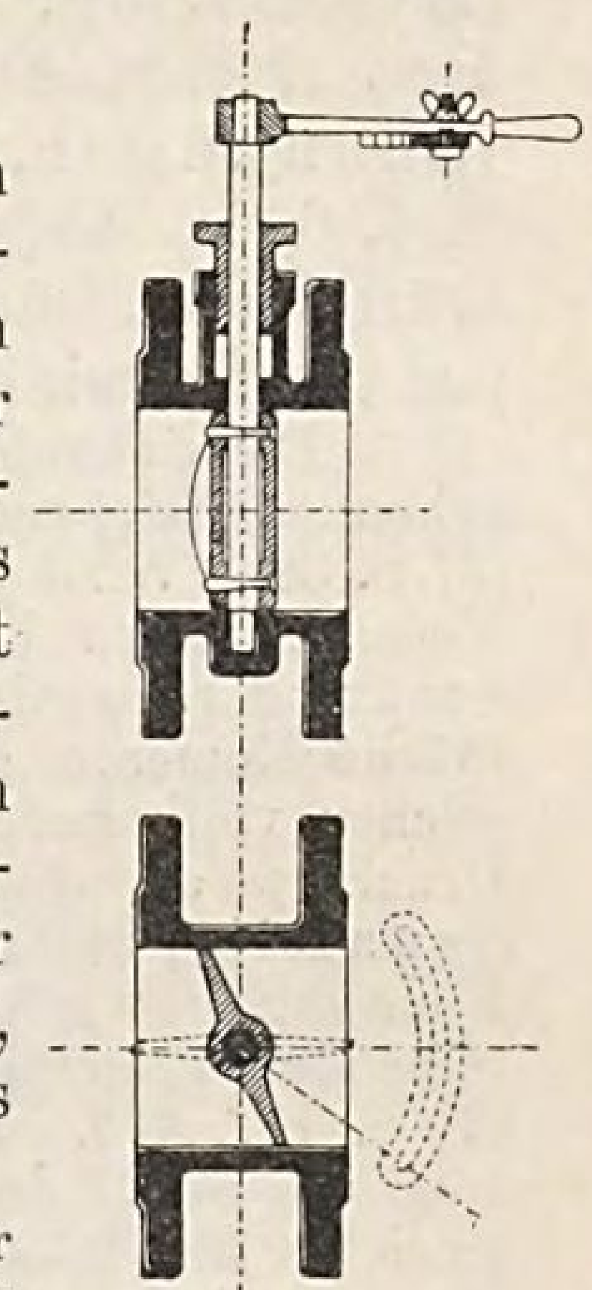
Droget, s. Weberei.

Dropper-Jacquards, s. Bobbinnet.

Drory'scher Teerabgang, s. Vorlage.

Drosometer, Instrument zur Messung des Taus durch Bestimmung der vom Tau herrührenden Gewichtszunahme geeignet aufgestellter Substanzen, wie Watte u. dgl. Wenig in Gebrauch, da vergleichbare und einwurfsfreie Messungen kaum zu erreichen sind.

Drosophor, s. d. Art. Zerstäubungsvorrichtungen.



Drosselklappen, innerhalb von Rohrleitungen, geben keinen dichten Abschluss, eignen sich aber wegen ihrer Einfachheit für Abschlüsse von Windleitungen an Oefen mit mässigem Winddruck, zum schnellen Sicherheitsabschluss und besonders zur Regelung der Durchflussmenge an Dampfmaschinen (vgl. Dampfleitungen) und Turbinen. Die Klappe, welche beim Abschluss schräg im Rohr liegt, um Klemmungen zu vermeiden, besteht gewöhnlich aus einer gusseisernen Scheibe, bei grossen Ausführungen für Turbinen aus zwei gewölbten, am Rande gegen einander genieteten Blechen. Die Spindel wird von aussen eingeschoben und mit der Klappe durch Vierkant, Stifte oder Stellschrauben verbunden. Die ganze Vorrichtung ist mit kurzem, ausgedrehtem Rohrstück in die Leitung einzusetzen. Der Preis für $d = 25—500$ mm l. W. beträgt ca. $0{,}5 . d$ *M.*

Die Klappe erleidet im halbgeöffneten Zustand durch den auf ihrer Vorderfläche ungleichmässig verteilten Flüssigkeitsdruck ein auf Schliessung hinwirkendes Moment. Soweit dieses nicht durch die Stopfbüchsenreibung aufgenommen wird, ist die Spindel mit einem Schneckengetriebe zu verstellen oder mit einem beliebig feststellbaren Arm zu versehen. *Lindner.*

Drosselmaschine (Drosselstuhl), s. v. w. Waterspinnmaschine, s. Baumwollspinnerei (Bd. 2, S. 115).

Droussirapparat, selbstthätige Speisevorrichtung an Krempeln, s. Streichgarnspinnerei.

Druck. Die Wirkung von Kräften an einem Punktsystem ist abhängig von den Bedingungen, denen dasselbe unterworfen ist. In vielen Fällen sind diese selbst durch Kräfte ersetzbar und nennt man sie Widerstände, Spannungen, die ihn entgegengesetzt genommenen Kräfte aber Druckkräfte oder Drucke. Wenn z. B. zwei Flächen des Systems fortwährend in Berührung bleiben sollen, so kann diese Bedingung durch zwei entgegengesetzt gleiche Normalkräfte ausgedrückt werden. Jede von ihnen ist ein Widerstand der einen Fläche und ein Druck auf die andere. Nicht immer sind diese Bedingungskräfte, Widerstände oder Drucke bestimmt, vielmehr hängt dies vielfach von der geometrischen Beschaffenheit des Systems ab, wohl aber auch von der inneren Konstitution desselben (die freilich ebenfalls zu den Bedingungen zu rechnen ist, denen das System zu genügen hat). So sind z. B. die Drucke in drei Berührungspunkten eines schweren unveränderlichen Systems auf eine horizontale Ebene bestimmt,

nicht aber bei mehr als drei Berührungspunkten; im letzteren Falle können sie erst wenn das System aufhört, unveränderlich zu sein, und biegsam wird, bestimmt werden. Bei flächenhafter Ausdehnung der Berührungsstellen ist der Druck auf die Flächeneinheit zu beziehen, ebenso in flüssigen Systemen (siehe Hydrostatik). *Schell.*

Druck, Druckkraft. Wenn zwei Flächen verschiedener Körper einander berühren, so werden sie im allgemeinen eine Wirkung auf einander ausüben. Das Gleiche gilt von Flächen, welche in beliebigen, durch einen bestimmten Körper gedachten Schnitten gegen einander liegen. Die Kräfte, mit welchen die beiden Flächen auf einander wirken, sind gleich gross, aber entgegengesetzt gerichtet, sie lassen sich in Komponenten normal und tangential den ergriffenen Flächen oder Flächenelementen zerlegen. Die Normalkräfte suchen die in Berührung befindlichen Flächen aus einander zu ziehen (Fig. 1) oder gegen einander zu drücken (Fig. 2) und werden deshalb in Zugkräfte und Druckkräfte unterschieden; die Tangentialkräfte suchen jene Flächen längs einander zu verschieben (Fig. 1 u. 2) und werden deshalb auch Schubkräfte genannt. Zug, Druck und Schub per Quadrateinheit der ergriffenen Flächen (oder Flächenelemente) heissen spezifischer Zug, spezifischer Druck, spezifischer Schub, oder auch, wenn die auf einander wirkenden Flächen innerhalb desselben Körpers liegen, Zugspannungen, Druckspannungen, Schubspannungen. Vergl. [1], Bd. 1, S. 4, 6, 10, 15; [3], S. 3, 6. In theoretischen Werken werden häufig alle Flächenkräfte als Drücke bezeichnet [2], S. 110; mitunter findet man Zug und Druck per Quadrateinheit durch die Namen Spannung und Pressung unterschieden.

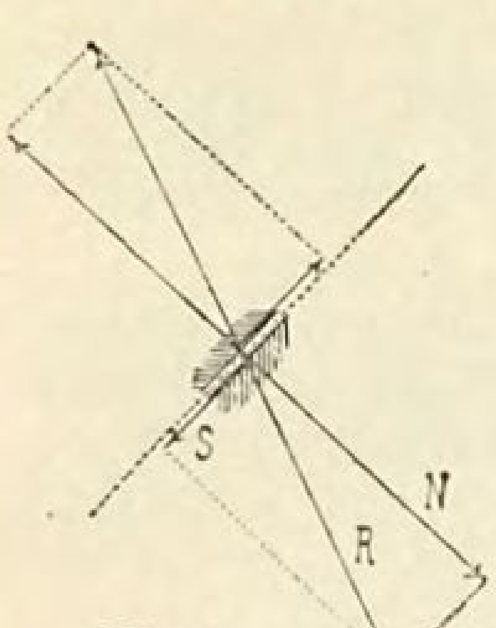


Fig. 1.

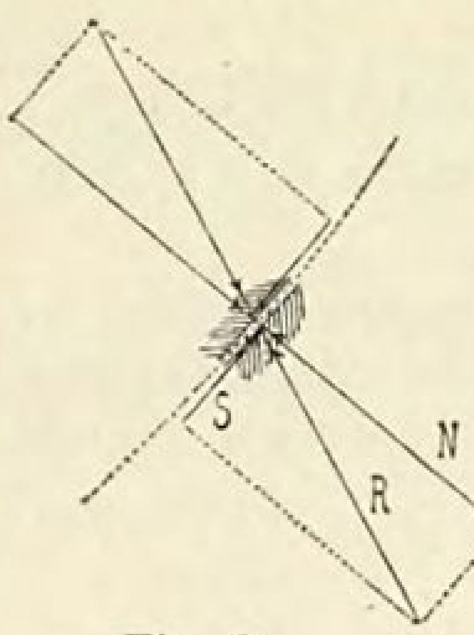


Fig. 2.

Die Spannungen für die verschiedenen durch einen Punkt im Innern eines Körpers gehenden Flächenelemente sind im allgemeinen verschieden (s. Spannungsellipsoid oder [3] S. 38). Wird jedoch vorausgesetzt, dass auch die kleinste Zugspannung oder Schubspannung Verschiebungen bewirken könnte, so hat man den Begriff der vollkommenen Flüssigkeit und es ergibt sich, dass für diese die Spannungen aller durch einen Punkt gedachten Flächenelemente gleich grosse (normale) Drücke sind, [3] S. 116, 158, [4] S. 15. Nur bei solchen vollkommenen tropfbaren oder gasförmigen Flüssigkeiten kann man also vom spezifischen Drucke p an einer bestimmten Stelle kurzweg sprechen (vergl. Hydrostatik, Hydrodynamik), während bei festen Körpern und reibenden Flüssigkeiten im allgemeinen auch die Richtung des afficirten Flächenelements in Betracht kommt, [3] S. 117, 119, 159, 161. Bei reibenden Flüssigkeiten pflegt man deshalb unter p den Druck für die Reibung 0 zu verstehen, [3] S. 117, 159. Bei gasförmigen Körpern braucht im Falle des Gleichgewichts gewöhnlich auch die Stelle des Drucks p nicht angegeben zu werden, da infolge des geringen Eigengewichts der Druck an allen Stellen eines in Frage kommenden Raumes nahezu der gleiche ist. Man pflegt deshalb unter dieser Voraussetzung ganz allgemein vom Dampfdruck oder Gasdruck in einem Kessel etc. zu sprechen. Dies genügt nicht mehr, wenn es sich um grössere Gebiete der Atmosphäre handelt, wie z. B. das barometrische Höhenmessen (s. d.) gerade auf der Verschiedenheit des Drucks an denjenigen Stellen beruht, deren Höhenunterschied bestimmt werden soll. Der Druck der Atmosphäre, welcher erst im 17. Jahrhundert durch Torricelli, Pascal u. s. w. festgestellt wurde, vermag zu Paris im Niveau des Meeres einer Quecksilbersäule von durchschnittlich 0,760 m Höhe und 0° C. Temperatur das Gleichgewicht zu halten, weshalb ein solcher Druck ein Atmosphärendruck heisst. (Vergl. Druckhöhe.) Da ein Kubikmeter Quecksilber von 0° an der genannten Stelle 13595,93 kg wiegt (s. Dichtigkeit), so entspricht ein Atmosphärendruck einem Drucke per kg von $p_0 = 1 \,.\, 0{,}760 \,.\, 13\,595{,}93 = 10\,333$ kg. Beträgt der Druck in einem Falle n Atmosphären, so ergibt dies einen spezifischen Druck von $p = 10\,333\, n$ kg und es hält derselbe einer Quecksilbersäule von $h = 0{,}760\, n$ m Höhe das Gleichgewicht. Daher besteht zwischen p in kg per qm, h in m und der Atmosphärenzahl n die Beziehung:

$$n = \frac{p}{10\,333} = \frac{h}{0{,}760}, \qquad 1.$$

mittelst welcher man eine dieser Grössen aus jeder der andern berechnen kann. In neuerer Zeit wird in manchen technischen Schriften der Druck von 10000 kg per qm als ein Atmosphärendruck bezeichnet, was gerade 1 kg per qcm ausmacht (sog. metrische Atmosphäre). Ein solcher Atmosphärendruck hält einer Quecksilbersäule von $1 \,.\, 10\,000 : 13\,595{,}93 = 0{,}735\,514$ m das Gleichgewicht, so dass im Falle seiner Verwendung an Stelle von 1. tritt:

$$n = \frac{p}{10\,000} = \frac{h}{0{,}7355}, \qquad 2.$$

und weiter folgt: 1 Neuatm. $= \frac{10\,000}{10\,333}$ Normalatm., 1 Normalatm. $= \frac{10\,333}{10\,000}$ Neuatm. Man

spricht dann auch allgemein von einer Beanspruchung von n Atmosphären, d. h. von einem Zuge, Drucke u. s. w. von n kg per qcm. — Als Ueberdruck in einem geschlossenen Raume bezeichnet man die Differenz zwischen dem inneren und äusseren Druck. Beträgt z. B. der Druck in einem Dampfkessel n Atmosphären, so ist der Ueberdruck ca. $n-1$ Atm. er wäre es genau, wenn der auf 0⁰ reduzirte Barometerstand aussen gerade 760 mm erreichte. Der mittlere indizirte Druck p_i einer thermodynamischen Maschine ist die mittlere Differenz der inneren Drücke auf den Kolben (also auch der Ueberdrücke) während eines Ausgangs und Eingangs desselben und gleich der mittleren Höhe des Indikatordiagramms (s. Aeussere Arbeit, näheres [1], Bd. 3, S. 609, 633, 688). Als Erddruck (s. d. und [4] S. 39) bezeichnet man den Druck sogen. Halbflüssigkeiten (Sand, Erde, Schrot u. s. w.), dadurch charakterisirt, dass feste Teilchen ohne Kohäsion zusammenliegen, also Zugspannungen zwischen denselben nicht auftreten und Schubspannungen nur die Reibung entgegenwirkt.

Litteratur: [1] Grashof, Theoretische Maschinenlehre, Bd. 1: Hydraulik etc., Leipzig 1875; Bd. 3: Kraftmaschinen, Leipzig 1890. — [2] Kirchhoff, Vorlesungen über mathematische Physik, Mechanik, Leipzig 1877. — [3] Weyrauch, Theorie elastischer Körper, Leipzig 1884. — [4] Ders., Aufgaben zur Theorie elastischer Körper, Leipzig 1885.

Weyrauch.

Druck, exzentrischer. Exzentrische Drücke heissen solche resultirende Drücke (s. Druck) auf Stäbe, Prismen u. s. w., welche nicht in der Axe dieser Körper wirken. Die gewöhnlichsten Fälle dieser Art betreffen Pfeiler, Widerlager und andere Mauern. Man hat meist festzustellen, dass die Beanspruchungen des Materials nirgends die zulässigen Grenzen überschreiten. Bei Steinkonstruktionen pflegt hierbei von den durch die Belastung eintretenden Formänderungen abgesehen zu werden, und es führen dann die allgemeinen Gleichgewichtsbedingungen der Statik in Verbindung mit der auch in der Biegungslehre gebräuchlichen Annahme zum Ziel, dass sich die Druck- und Zugspannungen in einem Querschnitt AB oder einer Lagerfuge AB (die beliebig geneigt sein können) wie ihre Abstände von einer geraden Linie in der Ebene von AB verhalten (Navier'sches Verteilungsgesetz). Soll an keiner Stelle Zug entstehen, so muss der resultirende Druck auf AB innerhalb des Kerns dieser Figur angreifen (s. Kern und [1], S. 310, [2], S. 65, [3], S. 149). Soll nur die Reibung etwaigen Verschiebungen längs AB widerstehen, so muss der Winkel der resultirenden Kraft R auf AB mit der Normalen zur Ebene AB unter dem Reibungswinkel der einander berührenden Materialien bleiben. Einige Versuche über exzentrischen Druck von Steinen hat Bauschinger angestellt, ihre Resultate stehen mit der angenommenen Druckverteilung in Einklang (s. Druckfestigkeit).

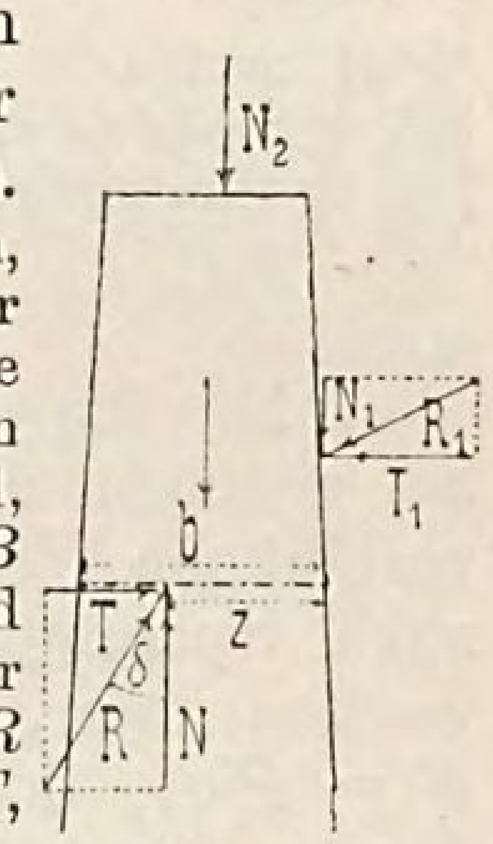


Fig. 1.

Gewöhnlich kann die Untersuchung in der Ebene durchgeführt werden, indem die Verhältnisse in allen Schnitten durch den betrachteten Körper parallel dieser Ebene als gleich gelten. An dem Körperteile I, auf einer Seite von AB, mögen beliebige Kräfte $R_1, R_2, \ldots$ angreifen, deren Komponenten senkrecht und längs AB durch $N_1, N_2, \ldots$ und $T_1, T_2, \ldots$ bezeichnet sind, während $r_1, r_2, \ldots$ die Hebelarme jener R in Hinsicht eines Punktes von AB (z. B. A) bedeuten. Die positiven Richtungen der erwähnten Komponenten und der Momente von $R_1, R_2, \ldots$ seien denjenigen der vom Körperteil II her wirkenden Widerstände N, T (in Fig. 1 u. 2 angedeutet) und des Moments von R entgegengesetzt. Dann hat man zur Bestimmung von N, T, der Entfernung d ihres Angriffspunkts in AB vom gewählten Momentendrehpunkt, und des Richtungswinkels δ:

$$N = N_1 + N_2 + \ldots = \Sigma N, \qquad T = T_1 + T_2 + \ldots = \Sigma T, \qquad 1.$$

$$N d = \pm R_1 r_1 \pm R_2 r_2 \pm \ldots = \Sigma R r, \qquad tg\, \delta = \frac{T}{N}. \qquad 2.$$

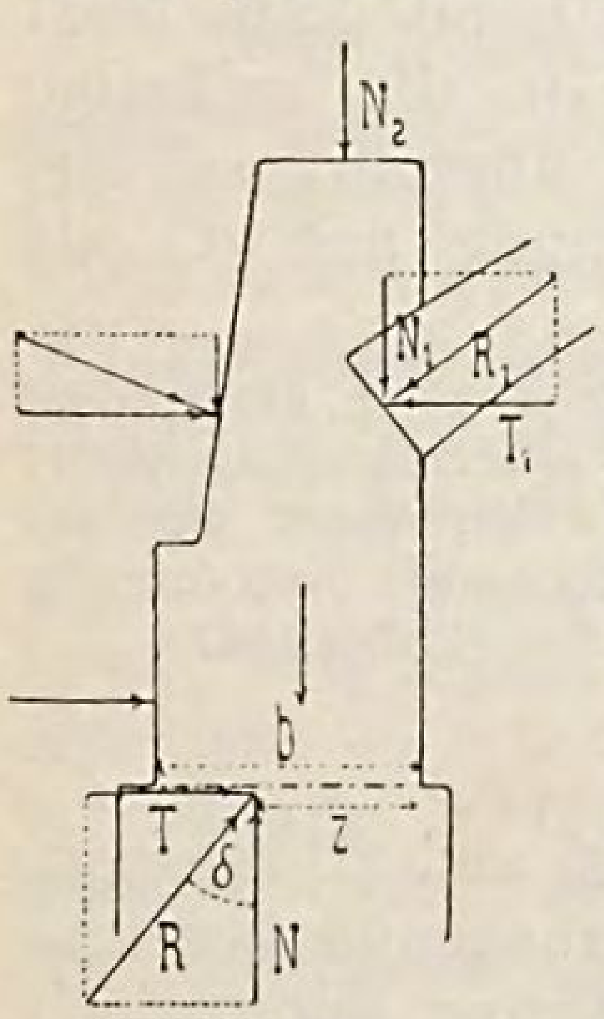


Fig. 2.

Im folgenden bezeichnen A den am weitesten vom Angriffspunkt der Widerstände N, S entfernten Punkt von AB, z die Entfernung dieser beiden Punkte, b und l die zwei Seiten des Rechtecks AB (Fig. 1 u. 2). Dann hat man unter Voraussetzung genügender Widerstandsfähigkeit gegen die vorkommenden Beanspruchungen den grössten Druck per Quadrateinheit, bei B:

$$\sigma_1 = \frac{2N}{bl}\left(\frac{3z}{b} - 1\right), \qquad 3.$$

und den kleinsten Druck oder grössten Zug per Quadrateinheit, bei A:

$$\sigma_2 = \frac{2N}{bl}\left(2 - \frac{3z}{b}\right). \qquad 4.$$

Sollen nur Druckspannungen auftreten, so muss σ_2 positiv oder $z \leq {}^2/_3\, b$ sein, d. h. es muss N im mittleren Drittel von AB angreifen (innerhalb des Kerns). Ist $z > {}^2/_3\, b$ und findet gegen Zug kein Widerstand statt, dann verteilt sich der Druck nur auf die Breite 3 $(b - z)$ von A aus und es treten an Stelle von 3., 4.:

$$\sigma_1 = \frac{2}{3l}\,\frac{N}{b-z}, \qquad \sigma_2 = 0. \qquad 5.$$

Andere als die hier in Frage stehenden Fälle findet man behandelt in [2] bis [6].

Bei exzentrisch beanspruchten schlanken Säulen, Fachwerkstäben u. s. w. dürfen die Formänderungen nicht vernachlässigt werden, da hier schon bei zentrischem Drucke Ausbiegungen von grossem Einflusse auf die Beanspruchungen vorkommen (s. Knickfestigkeit). Solche Fälle sind es auch, welche man bei Erwähnung exzentrischer Druckbeanspruchungen oft allein im Auge hat.

Ein prismatischer Stab vom anfänglichen Querschnitt F und der anfänglichen Länge l werde durch zwei Kräfte P parallel der anfänglichen Axe so gebogen, dass die Stabaxe in einer Ebene bleibt. In dieser „Biegungsebene" nehmen wir ein rechtwinkeliges Koordinatensystem an (Fig. 3), dessen x-Axe in der Wirkungsgeraden der P liegt, während die y sich auf die schliessliche Stabaxe beziehen. $x = 0$ und l sollen den Stabenden entsprechen. Für ein Querschnittselement bei x in Entfernung v von der zur Biegungsebene senkrechten Axschicht ist die Normalspannung (Druck positiv, Zug negativ):

$$\sigma = \frac{P}{F}\left(1 - \frac{Fy}{J}v\right), \qquad 6.$$

worin J das Trägheitsmoment des Querschnitts in Hinsicht der erwähnten Axschicht (s. Biegung, Bd. 2, S. 367), v nach innen (d. h. nach der Seite der P) negativ, nach aussen positiv. Für einen bestimmten Querschnitt x wird σ am grössten in dem am weitesten nach den P hin gelegenen Querschnittselement, nämlich mit $v = -e$:

$$\sigma = \frac{P}{F}\left(1 + \frac{Fe}{J}y\right). \qquad 7.$$

Das grösste dieser innern σ tritt in der Stabmitte ein, wo mit $y = c + f = h$ (c anfängliche Exzentrizität der P, f Biegungspfeil):

$$\sigma = \frac{P}{F}\left(1 + \frac{h}{w}\right) \quad \text{mit} \quad w = \frac{J}{Fe}, \qquad 8.$$

wozu aus der Navier'schen Biegungsformel (vergl. Biegung, Bd. 2, S. 375) im Falle frei drehbarer Stabenden folgt (andere Fälle s. [7]):

$$h = c + f = \frac{c}{\cos\frac{l}{2a}} \quad \text{mit} \quad a = \sqrt{\frac{EJ}{P}} \qquad 9.$$

oder, bei Verwendung der zwei ersten Glieder der Cosinusreihe, meist genügend genau:

$$h = \frac{c}{1 - \frac{l^2}{8a^2}} = \frac{c}{1 - \frac{Pl^2}{8EJ}}. \qquad 10.$$

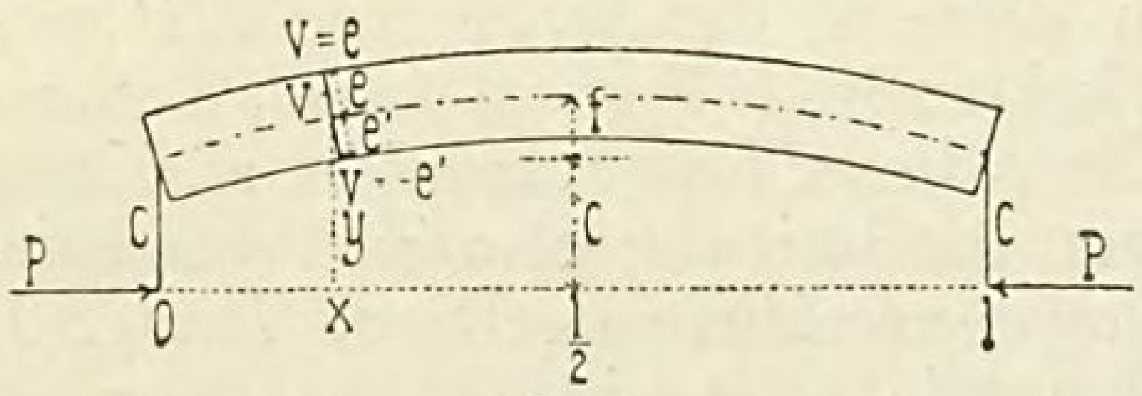


Fig. 3.

Setzt man in 8. für σ die grösste zulässige Beanspruchung σ_0 per Quadrateinheit, welche an keiner Stelle überschritten werden soll, so folgt die grösste zulässige mittlere Beanspruchung per Quadrateinheit:

$$\sigma_m = \frac{P}{F} = \frac{\sigma_0}{1 + \frac{h}{w}}. \qquad 11.$$

Die Anwendung der vorstehenden Gleichungen zur Querschnittsermittelung bei gegebenen P pflegt wie folgt vor sich zu gehen. Man berechnet mit einem vorläufigen Werte $\sigma_v < \sigma_0$ der zulässigen mittleren Beanspruchung (bei welchem auch Spannungswechseln und allen sonstigen Einflüssen Rechnung getragen werden kann, s. Dimensionenberechnung) einen vorläufigen Querschnitt $F = P/\sigma_v$, ordnet denselben in geeigneter Weise an und bestimmt dann nach dem zweiten Ausdrucke 11. mit w, h nach 8. und 9. oder 10. die zulässige mittlere Beanspruchung σ_m. Stimmt diese genügend mit σ_v überein, so gilt die Dimensionirung als beendet, andernfalls ist die Berechnung mit σ_m als neuem σ_v zu wiederholen.

Bei bekannten Dimensionen und also auch nach Beendigung der soeben erwähnten Dimensionenfeststellung kann nach 7. der Druck auf das stärkst gepresste Querschnittselement und nach 6. die Normalspannung an jeder andern Stelle x, v des Stabes berechnet werden. Die grösste vorkommende Zugbeanspruchung (oder kleinste Druckbeanspruchung) hat man in den am weitesten nach aussen, bei $v = e'$, gelegenen Querschnittselement der Stabmitte:

$$\sigma' = \frac{P}{F}\left(1 - \frac{h}{w'}\right) \quad \text{mit}\ w' = \frac{J}{Fe'} \qquad 12.$$

Auf Grund von Versuchen mit Stäben aus Schweisseisen und Flusseisen, Konstruktionsmaterial, deutsche Normalprofile, Rundeisen und zusammengesetzte Stäbe, empfiehlt Tetmajer für die mittlere zulässige Beanspruchung exzentrisch gedrückter Konstruktionsteile anstatt 11. zu setzen ([8], S. 169, [9], S. 179):

$$\sigma_m = \frac{\sigma_k}{1 + \xi\frac{h}{w}} \qquad 13.$$

worin σ_k die mittlere zulässige Beanspruchung bei zentrischem Druck mit Rücksicht

auf Knickfestigkeit und ζ einen Erfahrungskoefficienten, welchen er für schmiedbares Konstruktionseisen mit

$$r = \sqrt{\frac{J}{F}} \qquad 14.$$

ausdrückt [9], S. 179:

$$\text{wenn } \frac{l}{r} < 112 \qquad \zeta = 0{,}877 - 0{,}0028\frac{l}{r}, \qquad 15.$$

$$\text{„ } \frac{l}{r} > 112 \qquad \zeta = 7158\left(\frac{l}{r}\right)^2 + 5{,}87\frac{l}{r} - 0{,}058. \qquad 16.$$

Für Stein wird vorläufig $\zeta = 1$ gesetzt, Werte für Bauholz und Gusseisen s. [8], S. 170. Die Dimensionirung soll im übrigen wie oben erwähnt erfolgen [9] S. 180. Denkt man sich gegen zentrische Knickung und exzentrischen Druck die gleiche Sicherheit m gewählt, so hätte man nach Tetmajer, [9] S. 167, in 13. für die zentrische Knickfestigkeit k in kg per qcm zu setzen:

$$\text{Für Schweisseisen, wenn } \frac{l}{r} > 112{,}5 \qquad m\sigma_k = k = 20\,234\,000\left(\frac{r}{l}\right)^2, \qquad 17.$$

$$\text{„ } 18{,}5 < \frac{l}{r} < 112{,}5 \qquad m\sigma_k = k = 3030 - 13\frac{l}{r}, \qquad 18.$$

$$\text{für Flusseisen, wenn } \frac{l}{r} > 105 \qquad m\sigma_k = k = 22\,208\,000\left(\frac{r}{l}\right)^2, \qquad 19.$$

$$20{,}4 < \frac{l}{r} < 105 \qquad m\sigma_k = k = 3207 - 11{,}57\frac{l}{r}. \qquad 20.$$

Wenn l/r für Schweisseisen unter 18,5, für Flusseisen unter 20,4 lag, traten keine Knickerscheinungen mehr auf. Hat man es mit Stäben zu thun, welche nicht, wie oben vorläufig angenommen, beiderseits frei drehbar sind, so ist in 13.—20. für l die „freie Knicklänge“ zu setzen (s. Knickfestigkeit). Berechnung von Vertikalen der neuen Cannstatter Bogenbrücke nach vorstehenden Formeln s. [10].

Litteratur: [1] v. Ott, Vorträge über Baumechanik, I, Prag 1888, S. 78; II, Prag 1880—91, S. 357, 372. — [2] Müller-Breslau, Die graphische Statik der Brückenkonstruktionen, Bd. 1, Leipzig 1887, S. 48. — [3] Keck, Vorträge über Elastizitätslehre, Hannover 1893, S. 143. — [4] Keck, Exzentrische Druckbelastung ausserhalb des Kerns bei Mauerwerkskörpern ringförmigen Querschnitts, Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1882, S. 627 (graphische Lösung von Mohr 1883, S. 163, Tabellen von Heinemann 1891, S. 157). — [5] Barkhausen, Druckverteilung im rechteckigen Mauerwerksquerschnitte, Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1883, S. 469. — [6] Hüppner, Druckverteilung in Mauerwerksquerschnitten, Civilingenieur 1885, S. 39. — [7] Grashof, Theorie der Elastizität und Festigkeit, Berlin 1878, S. 155. — [8] Tetmajer, Die Baumechanik, Zürich 1889, S. 162. — [9] Tetmajer, Mitteilungen etc., Heft 4, Zürich 1890, S. 170. — [10] Weyrauch, Elastische Bogenträger, München 1896, Abschn. IV, P (auch Allg. Bauztg. 1895, S. 96).

Weyrauch.

Druck, hydraulischer, s. Hydraulik.

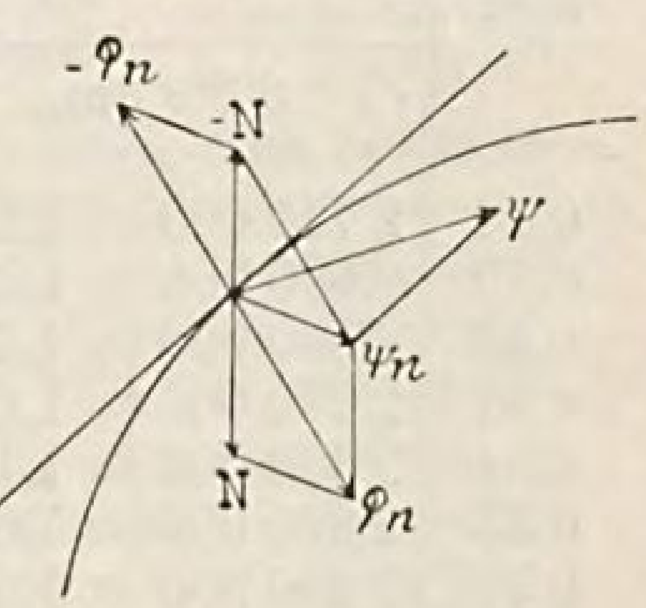
Druck, hydrostatischer, s. Hydrostatik.

Druck, kritischer, s. Kritische Erscheinungen.

Druck, osmotischer, s. Endosmose.

Druck, spezifischer, s. unter Druck, Bd. 3, S. 446.

Druckbeschleunigung. Wenn ein Punkt nicht frei der ihn afficirenden Beschleunigung ψ folgen kann, sondern durch irgend welche Bedingung genötigt ist, in vorgeschriebener Bahn zu laufen, so kann der Zwang, der ihn dazu nötigt, durch eine gewisse Beschleunigung N ausgedrückt werden. Sie heisst die Widerstandsbeschleunigung oder, wenn der Zwang durch eine Fadenkonstruktion ausgeübt wird, die Spannungsbeschleunigung. Sie ist normal zu der Bahn und bildet mit der Normalkomponente ψ_n der gegebenen Beschleunigung ψ als Resultante die Normalbeschleunigung $\varphi_n = v^2 : \varrho$, wenn v die Geschwindigkeit des Punktes und ϱ der Krümmungshalbmesser der Bahn ist. Die umgekehrte Widerstandsbeschleunigung $-N$ ist die Druckbeschleunigung des Punktes auf die Bahn. Sie ist (s. Fig.) die Resultante aus der umgekehrten Normal- oder Zentrifugalbeschleunigung $-\varphi_n$ und der Normalkomponente ψ_n der gegebenen Beschleunigung.



Im Falle, dass $\psi = o$, also auch $\psi_n = o$, fällt die Druckbeschleunigung mit der Zentrifugalbeschleunigung zusammen. — Es kann vorkommen, dass der Punkt an einer gewissen Stelle die vorgeschriebene Bahn verlässt und die Bewegung desselben in die freie Bewegung übergeht. Damit dies eintrete, ist erforderlich, dass die Druckbeschleunigung Null werde und

$-\varphi_n + \psi_n = o$, d. h. $\psi_n = v^2 : \varrho$ werde. An solchen Stellen muss die Beschleunigung ψ in die Schmiegungsebene der Bahn fallen.

Litteratur: Schell, Theorie der Bewegung der Kräfte, Leipzig 1879, Bd. 1, S. 389. *Schell.*

Druckdiagonalen, s. Gegendiagonalen.

Druckelastizität wird die Elastizität (s. d.) gegen Beanspruchungen auf Druck (s. d.) genannt. Bei Versuchen in dieser Hinsicht pflegen prismatische Körper (Stäbe, Würfel) wachsenden Drücken parallel ihren Axen und möglichst gleichmässig verteilt auf die Endquerschnitte ausgesetzt zu werden. Ein seitliches Ausbiegen muss dabei ausgeschlossen sein. Bezeichnen l die ursprüngliche Axlänge, F den ursprünglichen Querschnitt, $d\lambda = \frac{dl}{l}$ die spezifische Verkürzung (Verkürzung per Längeneinheit der Stablänge l) durch ein Anwachsen des spezifischen Drucks $\sigma = \frac{P}{F}$ (Druck per Quadrateinheit des Querschnitts F) um $d\sigma$, dann heisst in

$$d\sigma = E\,d\lambda = E\frac{dl}{l}, \quad dP = EF\,d\lambda = EF\frac{dl}{l} \qquad 1.$$

E der Druckelastizitätsmodul. Derselbe bedeutet also das Verhältnis der Zunahme $d\sigma$ des spezifischen Drucks zur entsprechenden spezifischen Verkürzung $d\lambda$, während $^1/E$ das Verhältnis der spezifischen Verkürzung $d\lambda$ (negativen Dehnung) zur Zunahme $d\sigma$ des spezifischen Drucks (negative Spannung) oder auch die Verkürzung per Längeneinheit durch die Gewichtseinheit Druckzunahme bezeichnet. Für manche Materialien, insbesondere für Schweisseisen, Flusseisen und Stahl, ist E innerhalb der gebräuchlichen Beanspruchungen nahezu konstant, womit nach 1.:

$$\sigma = E\lambda = E\frac{\Delta l}{l}, \quad P = EF\lambda = EF\frac{\Delta l}{l}, \qquad 2.$$

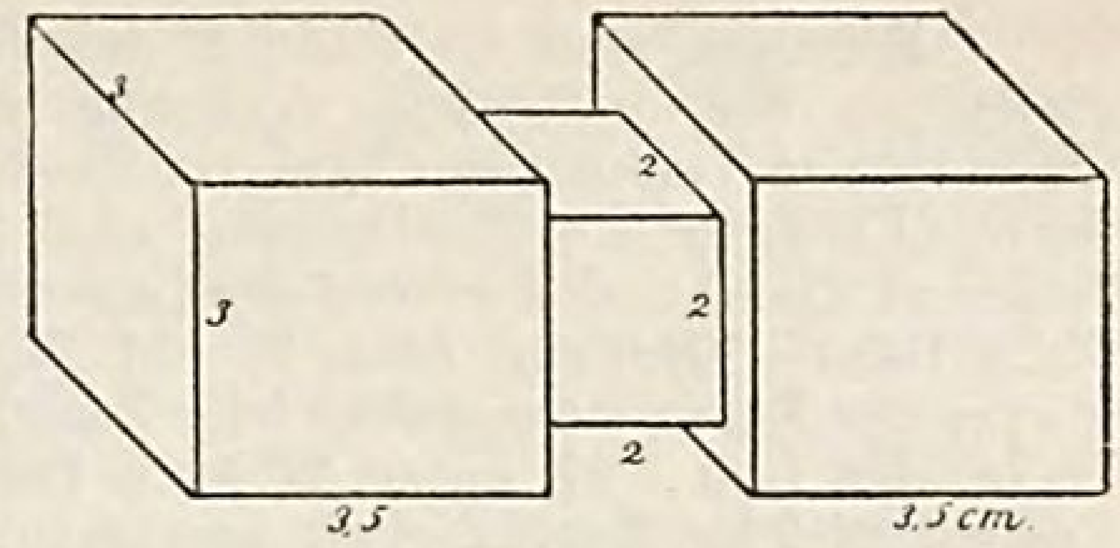
unter Δl die ganze Längenänderung von l durch den spezifischen Druck σ verstanden. Die Grenze $\sigma = p$, bis zu welcher die hierdurch ausgedrückte Proportionalität zwischen σ und λ, Δl, oder auch zwischen P und λ, Δl, besteht, wird Proportionalitätsgrenze für Druck genannt, häufig auch Elastizitätsgrenze für Druck, indem dann unterhalb dieser Grenze nur elastische Verkürzungen in Betracht gezogen werden, während oberhalb derselben auch erhebliche bleibende Verkürzungen vorkommen.

Gleichung 2. gilt nur für ruhende Belastung. Käme P für den ganzen Versuchskörper plötzlich mit vollem Werte zur Wirkung, so würde bei bestimmtem E zunächst eine Verkürzung bis 2λ eintreten, und erst nach Schwingungen, mit Eintritt des Gleichgewichtes, die Verkürzung λ erreicht werden, [4], A 38, 109. Die Werte von E, p für Druck weichen bei Schweisseisen, Flusseisen und oft auch bei Stahl nicht bedeutend von demjenigen für Zug ab. Wir führen beispielsweise die Ergebnisse der Druckversuche Bauschingers [5] mit dem bereits im Art. Biegungselastizität, Bd. 2, S. 379, erwähnten Ternitzer Bessemerstahl an. Sie wurden teils mit quadratischen Stäben von 3/3/9 cm, teils mit Körpern der in Figur ersichtlichen Abmessungen angestellt, letzterenfalls unter Beziehung der Beanspruchungen auf den kleineren Querschnitt. Die eingesetzten Elastizitätsgrenzen sind etwas höher als die Proportionalitätsgrenze.

Tabelle I. Ternitzer Bessemerstahl.

Kohlenstoff %	Elastizitätsmodul E, kg per qcm		Elastizitätsgrenze, kg per qcm		Maximaldruck, kg per qcm	
	3\|3\|9 cm	Figur	3\|3\|9 cm	Figur	3\|3\|9 cm	Figur
0,14	2 740 000 = 1,21	2 645 000 = 1,17	2775 = 0,94	2775 = 0,94	4780 = 1,08	9 250 = 2,09
0,19	2 690 000 = 1,24	2 520 000 = 1,16	3000 = 0,91	3050 = 0,92	5390 = 1,11	
0,46	2 360 000 = 1,05	2 250 000 = 1,00	3440 = 1,00	3440 = 1,00	6330 = 1,19	11 100 = 2,08
0 51	2 270 000 = 1,03	2 300 000 = 1,04	3220 = 0,95	3280 = 0,96	7000 = 1,25	12 500 = 2,23
0,54	2 510 000 = 1,16	2 570 000 = 1,19	3440 = 0,99	3440 = 0,99	6110 = 1,10	11 400 = 2 05
0,55	2 260 000 = 1,02	2 480 000 = 1,12	3440 = 1,04	3550 = 1,08	6170 = 1,09	12 750 = 2,26
0,57	2 330 000 = 1,08	2 170 000 = 1,00	3440 = 1,04	3440 = 1,04	6550 = 1,17	12 200 = 2.18
0,66	2 430 000 = 1,06	2 590 000 = 1,14	3775 = 1,01	3575 = 1,01	6550 = 1,04	12 400 = 1,97
0,78	2 280 000 = 0,97		3550 = 0,95		6830 = 1,06	
0,80	2 320 000 = 1,08	2 230 000 = 1,04	4440 = 1,11	4440 = 1,11	9670 = 1,34	17 200 = 2,38
0,87	2 210 000 = 1,01	2 230 000 = 1,02	4000 = 0,93	3885 = 0,91	8940 = 1,22	15 100 = 2 06
0,96	2 290 000 = 1,05	2 232 000 = 1,03	5000 = 1,03	5000 = 1,03	9890 = 1,19	17 800 = 2,14
Mittel	1,08	1,08	0,99	1,00	1,15	1,95

Das Verhalten von Schweisseisen, Flusseisen und Stahl oberhalb der Proportionalitätsgrenze ist für Druck weit weniger als für Zug untersucht. Bei den Bauschinger'schen Prismen von 3/3/9 cm aus Ternitzer Bessemerstahl zwischen den Druckplatten der Werder'schen Festigkeitsmaschine wurde mit wachsender Belastung eine S-förmige Ausbiegung beobachtet, welche mehr und mehr zunahm, bis das Prisma plötzlich heraussprang. Bei den in nebenstehender Figur angedeuteten Versuchskörpern wurde eine Pressung erreicht, unter welcher sich das innere Prisma auch ohne weitere Erhöhung der Belastung immer mehr verkürzte (bis auf weniger als die halbe Anfangslänge), während die Querdimensionen wuchsen. Die Beanspruchungen per qcm des ursprünglichen Querschnitts an diesen beiden Grenzen enthält Tabelle I als „Maximalbeanspruchungen“. Alle Resultate sind absolut und im Verhältnis zu den entsprechenden Zahlen für Zug gegeben. Nach genaueren Untersuchungen [6] wird bei Schweisseisen, Flusseisen und weicheren Stahlsorten im allgemeinen mit wachsendem Druck eine Beanspruchung $\sigma = s$ erreicht, welche der Streckgrenze für Zug entspricht (s. Dehnung, Zugelastizität), indem alsdann im Vergleiche zu den Aenderungen von σ verhältnismässig grosse bleibende Verkürzungen eintreten, weshalb s von Bauschinger Quetschgrenze, von Tetmajer Stauchgrenze genannt wurde. Mit dieser Zustandsänderung scheint jedoch nach neueren Versuchen Tetmajers [7] mit Schweisseisen und Flusseisen die Kohäsion des Materials ebenso wenig überwunden zu sein, wie bei Zugversuchen mit Erreichen der Streckgrenze. Wie bei letzteren die Ueberwindung der Kohäsion durch eine ausgeprägte Einschnürung an der Bruchstelle erkenntlich wird, und die Zugfestigkeit z dem Beginne dieser Kontraktion entspricht (s. Dehnung), so fand Tetmajer auch die Ueberwindung der Kohäsion bei Druckversuchen, den Beginn erheblicher seitlicher Ausbauchungen, genügend feststellbar und fasste diese Kohäsionsgrenze sls Druckfestigkeit d (s. d.) auf. Vorher hatte man den von Tetmajer an eine besondere Kohäsionsgrenze verlegten „Beginn des Fliessens“, den „Uebergang in den Zustand plastischer Deformabilität“ schon an der Stauchgrenze oder diese in der Nähe der Tetmajer'schen Kohäsionsgrenze angenommen. Bezeichnen E_z, p_z, s_z, z den Elastizitätsmodul, die Proportionalitätsgrenze, Streckgrenze und Festigkeit für Zug, so gibt Tetmajer als Mittelwerte der Resultate von Druckproben, [7] S. 81:
für Schweisseisen von de Wendel, Hayingen, $E = 1{,}00\,E_z$, $p = 1{,}05\,p_z$, $s = 1{,}01\,s_z$, $d = 1{,}00\,z$;
„ Flusseisen „ „ „ „ $E = 1{,}01\,E_z$, $p = 1{,}18\,p_z$, $s = 0{,}95\,s_z$, $d = 0{,}98\,z$;
ferner für Schweisseisen von Burbach $s = 0{,}86\,s_z$, $d = 0{,}91\,z$, für Flusseisen (Kesselblech) von St. Etienne $s = 1{,}00\,s_z$, $d = 1{,}00\,z$ und für Kupfer (Stehbolzenmaterial) $s = 1{,}26\,s_z$, $d = 0{,}80\,z$. Wie auf die Festigkeitseigenschaften überhaupt (vergl. [6], [8]), so können verschiedene Beimengungen, Temperaturen, mechanische Behandlung u. s. w. auch Einfluss auf die Verhältnisse der Druckelastizität und Druckfestigkeit ausüben, was in Bezug auf den Kohlenstoff schon Tabelle I erkennen lässt, doch zeigt sich der Elastizitätsmodul am wenigsten empfindlich.



Für Gusseisen, Steine, Beton, Holz u. s. w. ist der Elastizitätsmodul veränderlich; doch gilt dies bei Gusseisen weniger für Druck als für Zug, vorausgesetzt, dass nur die elastischen Verkürzungen berücksichtigt werden, welche allerdings nicht immer gesondert festgestellt wurden. Auch bei veränderlichem Elastizitätsmodul besteht Gleichung 2., wenn für E ein Mittelwert gesetzt wird, welcher von $\sigma = 0$ bis $\sigma = \sigma$ die gleiche Längenänderung λ wie das variable E bedingt.

So sind aus den in Tabelle II angeführten mittleren Versuchsresultaten von Hodgkinson [9] für Gusseisen nach 2. die Werte von E in der fünften Kolumne berechnet, während sich die Werte der letzten Kolumne aus derselben Gleichung ergeben, wenn die vollständigen Verkürzungen anstatt der elastischen verwendet werden. Der Mittelwert sämtlicher E ist 964 000 kg per qcm, jedoch für alle gebräuchlichen Beanspruchungen (bis etwa 1000 kg) 955 000 kg.

Tabelle II. Gusseisen.

Beanspruchungen σ, kg per qcm	Verkürzungen per m Länge in cm			Elastizitätsmodul E, kg per qcm	Kompressionsmodul, kg per qcm
	vollständige	bleibende	elastische		
145,105	0,015605	0,000391	0,015214	953 760	929 860
290,209	0,032396	0,001882	0,030514	951 060	895 820
439,315	0,049784	0,003331	0,046453	945 720	882 440
580,419	0,065625	0,005371	0,060254	963 290	884 450
725,525	0,082808	0,007053	0,075755	957 730	876 150
870,644	0,100253	0,009053	0,091200	954 650	868 450
1015,535	0,11795	0,01170	0,10625	955 800	860 990
1160,840	0,13606	0,01426	0,12180	959 280	853 180
1305,945	0,15411	0,01708	0,13703	953 030	847 410
1451,050	0,17175	0,02068	0,15107	960 510	844 860
1741,256	0,20786	0,03681	0,17105	1 017 790	837 710
2032,171	0,24733	0,04581	0,20152	1 008 420	821 640
2326,661	0,29432	0,05077	0,24355	955 310	790 520

Anstatt von 0 bis σ kann man auch für andere Intervalle, von Anfangswerten σ_a, λ_a bis zu Endwerten σ_e, λ_e der Grössen σ, λ (konstante) Mittelwerte von E einführen, womit aus 1. folgen:

$$\sigma_e - \sigma_a = E(\lambda_e - \lambda_a), \qquad P_e - P_a = EF(\lambda_e - \lambda_a). \qquad 3.$$

Hiernach sind z. B. die E der vorletzten Kolumne von Tabelle III berechnet, während diejenigen der drittletzten Kolumne wieder aus 2. erhalten wurden. Tabelle III gibt die wesentlichen Versuchsresultate von Bach [10] mit cylindrischen Betonkörpern aus Blaubeurener bezw. Laufener Portlandzement und Neckarsand, Muschelkalksteinschotter, Neckarkies oder Kiessand (Sand und Kies von der Lagerung oberhalb Gemmrigheim), Durchmesser 25,35—25,4 cm, Höhe 100,4—101,6 cm, Alter 76—91 Tage. Mittelst der Rammmaschine hergestellte Normalzugskörper der Zusammensetzung 1 kg Zement, 3 kg Normalsand, 0,4 kg Wasser hatten nach 28 Tagen (1 in der Luft, 27 unter Wasser) für den Blaubeurener Zement 25,5 kg, für den Laufener Zement 21,2 kg Zugfestigkeit ergeben. Jede Belastung und volle Entlastung der Betonkörper wurde so oft wiederholt, bis keine Aenderungen der elastischen und bleibenden Zusammendrückungen mehr eintraten.

Tabelle III. Beton.

Mischungsverhältnis. Dichtigkeit δ	Belastung, kg per qcm, σ	Zusammendrückungen in $^1/_{600}$ cm auf 75 cm Messlänge			Elastizitätsmodul, kg per qcm		Druckfestigkeit d, kg per qcm, Temperatur
		vollständige	bleibende	elastische	E von 0 bis σ	E zwischen den 2 letzten σ	
1 Blaubeurener	7,9	1,33	0,17	1,16	306 000	306 000	$d = 96,3$
Portl.-Zement,	15,8	2,90	0,35	2,55	279 000	256 000	
2,5 Sand,	23,7	4,67	0,55	4,12	259 000	226 000	
5 Kies.	31,6	6,71	0,91	5,80	245 000	212 000	
$\delta = 2,37$.	39,5	9,06	1,43	7,63	233 000	194 000	15,0—15,7°
1 Blaubeurener	7,9	1,22	0,14	1,08	329 000	329 000	$d = 125,7$
Portl.-Zement,	15,8	2,75	0,26	2,49	286 000	252 000	
2,5 Sand,	23,7	4,42	0,38	4,04	264 000	229 000	
6 Schotter.	31,6	6,23	0,59	5,64	252 000	222 000	
$\delta = 2,42$.	39,5	8,16	0,80	7,36	242 000	207 000	14,6—14,8°
1 Blaubeurener	7,9	1,27	0,35	0,92	386 000	386 000	$d = 139,5$
Portl.-Zement,	15,9	2,59	0,55	2,04	351 000	322 000	
2,5 Sand,	23,8	4,11	0,76	3,35	320 000	271 000	
5 Schotter.	31,7	5,66	0,99	4,67	305 000	269 000	
$\delta = 2,42$.	39,6	7,40	1,30	6,10	292 000	249 000	13,0—15,3°
1 Laufener							$d = 62,0$
Portl.-Zement,	15,8	3,24	0,28	2,96	240 000	240 000	
2,5 Sand,	23,7	5,67	0,79	4,88	219 000	185 000	
5 Kies.	31,6	9,17	1,93	7,22	197 000	152 000	
$\delta = 2,33$.	39,5	13,47	3,40	10,07	176 000	125 000	15,9—16,1°
1 Laufener	7,9	1,08	0,10	0,98	363 000	363 000	$d = 106,8$
Portl.-Zement,	15,8	2,52	0,30	2,22	320 000	287 000	
2,5 Sand,	23,7	4,09	0,46	3,63	294 000	252 000	
5 Schotter,	31,6	5,98	0,82	5,16	276 000	232 000	
$\delta = 2,44$.	39,5	8,08	1,26	6,82	261 000	218 000	13,9—14,2°
1 Laufener	7,9	1,14	0,12	1,02	349 000	349 000	$d = 111,0$
Portl.-Zement,	15,8	2,51	0,30	2,21	322 000	299 000	
2,5 Sand,	23,7	4,23	0,54	3,69	289 000	240 000	
5 Schotter.	31,6	6,10	0,82	5,28	269 000	224 000	
$\delta = 2,46$.	39,5	8,27	1,29	6,98	255 000	209 000	13,6—13,9°
1 Laufener	7,9	1,27	0,21	1,06	335 000	335 000	$d = 113,7$
Portl.-Zement,	15,9	2,79	0,37	2,42	296 000	265 000	
2,5 Sand,	23,8	4,78	0,64	4,14	259 000	207 000	
5 Schotter.	31,7	6,80	1,00	5,80	246 000	214 000	
$\delta = 2,45$.	39,6	9,08	1,41	7,67	234 000	190 000	13,7—14,0°
1 Laufener	7,9	1,52	0,20	1,32	269 000	269 000	$d = 86,4$
Portl.-Zement,	15,8	3,42	0,47	2,95	241 000	218 000	
7,5 Kiessand	23,7	5,81	0,83	4,98	214 000	175 000	
(Kies und Sand),	31,6	8,52	1,39	7,13	199 000	165 000	
$\delta = 2,33$.	39,5	11,55	2,12	9,43	189 000	155 000	14,3—14,8°

Bei grösseren Belastungen als die angeführten zeigten sich die Zusammendrückungen wesentlich von der Zeit abhängig. S. auch Druckfestigkeit, Elastizität, Elastizitätsmodul, Elastizitätsquotient, Elastische Nachwirkung, Knickfestigkeit, Druck, exzentrischer.

Litteratur: [1] Grashof, Theorie der Elastizität und Festigkeit, Berlin 1878, S. 42. — [2] Weyrauch, Theorie elastischer Körper, Leipzig 1884, S. 119, 210. — [3] Bach, Elastizität und Festigkeit, Stuttgart 1894, S. 42. — [4] Weyrauch, Aufgaben zur Theorie elastischer Körper, Leipzig 1885, S. 75, 277. — [5] Bauschinger, Mitteilungen etc., Heft 3, München 1874, S. 6. — [6] Ders., Mitteilungen etc., Heft 13 (Ueber die Veränderung der Elastizitätsgrenze und der Festigkeit des Eisens und Stahls durch Strecken und Quetschen, durch Erwärmen und Abkühlen und durch oftmals wiederholte Beanspruchung), München 1886, S. 13. — [7] Tetmajer, Mitteilungen etc., Heft 4, Zürich 1890, S. 50. — [8] Weyrauch, Die Festigkeitseigenschaften und Methoden der Dimensionenberechnung von Eisen- und Stahlkonstruktionen, Leipzig 1889, II. Abschnitt. — [9] Morin, Résistance des matériaux, Paris 1853, S. 90. — [10] Bach, Versuche über die Elastizität von Beton, Zeitschr. d. Vereins deutscher Ingenieure, 1895, S. 489. — [11] Bauschinger, Mitteilungen etc., Heft 5 (Bausteine), 1875, Heft 10 (Steine Bayerns), 1884, Heft 14 (Bauhölzer), 1886, Heft 18 (Steine), 1889. — U. s. w. *Weyrauch.*

Druckerei, s. Buchdruckerkunst; auch s. v. w. Zeugdruckerei (s. d.).

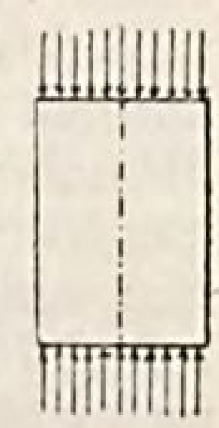
Druckerschwärze, s. Buchdruckfarben, Bd. 2, S. 757.

Druckerzeichen, auch Verlegerzeichen, Signet genannt, ein von Druckern und Verlegern auf das Titelblatt oder an den Schluss von aus ihrer Offizin oder ihrem Verlag hervorgegangenen Werken gesetztes Symbol behufs Kennzeichnung ihres Ursprungs, ein Gebrauch, der heute, wo die Druck- und Verlagsfirma in der Regel im vollen Wortlaut dem Werke beigedruckt wird, weit weniger üblich ist als in den der Erfindung des Buchdrucks zunächst folgenden Jahrhunderten.

Vergl. das Titelblatt dieses Lexikons mit dem Druckerzeichen der Deutschen Verlags-Anstalt und die Litteratur: Berjean, Early Dutch, German and English printers' marks (London 1866); Delalain, Inventaire des marques d'imprimeurs et de libraires (Paris 1893, 2. Aufl.); Kristeller, Die italienischen Buchdrucker- und Verlegerzeichen (Strassburg i. E. 1893).

Druckfarben auf Zeug, s. Zeugdruckfarben.

Druckfestigkeit wird der Widerstand der Körper gegen den Bruch oder sonstige Störung der Kohäsion durch Druckkräfte genannt (s. Druck). Bei Versuchen in dieser Hinsicht werden prismatische Körper (kurze Stäbe, Würfel) allmälich wachsenden Drücken parallel ihren Axen und möglichst gleichmässig verteilt auf die Endquerschnitte ausgesetzt (Fig. 1). Ein seitliches Ausbiegen muss dabei ausgeschlossen sein (vergl. Knickfestigkeit, Druck, exzentrischer); doch dürfen auch keine Kräfte auf die Seitenflächen wirken, weil damit eine andere Beanspruchungsart entsteht und durch solche Widerstände von genügender Grösse das zur Trennung erforderliche Ausweichen nach der Seite bei jedem Körper verhindert werden kann. Bezeichnen F den ursprünglichen Prismenquerschnitt und P die Kraft, durch welche die Aufhebung der Kohäsion erfolgt, dann ist


Fig. 1.

$$d = \frac{P}{F} \qquad 1.$$

das Mass der Druckfestigkeit. Schon die älteren Versuche von Rondelet, Rennie, Vicat, Hodgkinson mit Steinen, Gips, Gusseisen liessen erkennen, dass je nach den Dimensionen der Prismen verschiedene Druckfestigkeiten resultiren können [1], [2], [3] S. 1, wenn auch die Querschnittsform von geringem Einfluss ist. Bauschinger konnte d auf Grund älterer und eigener Versuche mit Steinen und ähnlichen Materialien ausdrücken, [3] S. 6:

$$d = \left(\alpha + \beta\frac{\sqrt{F}}{h}\right)\sqrt{\frac{\sqrt{F}}{u}}, \qquad 2.$$

worin F Querschnittsfläche, u Querschnittsumfang, h Prismenhöhe, α und β vom Material abhängige Konstante, wonach insbesondere für cylindrische Prismen vom Radius r:

$$d = \left(\alpha + 1{,}7724\,\beta\frac{r}{h}\right)1{,}0622 = \left(\alpha + \beta\frac{\sqrt{F}}{h}\right)1{,}0662, \qquad 3.$$

für quadratische Prismen von der Seitenlänge a:

$$d = \left(\alpha + \beta\frac{a}{h}\right) = \left(\alpha + \beta\frac{\sqrt{F}}{h}\right), \qquad 4.$$

und für Würfel von beliebiger Grösse: $d = \alpha + \beta$. Mit den Versuchen von Bauschinger allein liess sich Formel 2. auch bei Weglassen des zweiten Wurzelzeichens in Einklang bringen, [3] S. 13.

Nach 3., 4. wäre die Druckfestigkeit cylindrischer Prismen etwas grösser als diejenige quadratischer Prismen von gleichem Querschnitt, was Versuche von Bach auch für Gusseisen bestätigten [4], S. 49. Derselbe fand die Druckfestigkeit von Cylindern von ca. 2 cm Durch-

messer aus einem Gusseisenstab dieses Durchmessers (bearbeitet), welcher die Zugfestigkeit 1860 kg gezeigt hatte, für die Höhen 1 cm, 1,98 cm, 4 cm bezw. 8579, 7500 und 7232 kg per qcm. Die Versuche von Bauschinger ergaben, wenn cm als Längeneinheit und kg als Gewichtseinheit gewählt werden: für sehr feinen graublauen Schweizer Sandstein, Druckrichtung parallel zum Lager (17 rechteckige Prismen von $a = 4{,}5$—10 cm, b - 2,8—9,9 cm, $h = 1{,}4$—29,5 cm aus ein und derselben Platte, [3] Tab. II) $\alpha = 262$, $\beta = 320$, Würfelfestigkeit $\alpha + \beta = 582$ kg; für denselben Sandstein, Druckrichtung senkrecht zum Lager (18 rechteckige Prismen von $a = 4{,}4$—10 cm, $b = 3$—9,85 cm, $h = 1{,}1$—9,7 cm aus der vorigen Platte, [3] Tab. III) $\alpha = 310$, $\beta = 346$, Würfelfestigkeit $\alpha + \beta = 656$ kg; für Perlmooser Portlandzement mit zwei Teilen feinem Geröllsand (rechteckige Prismen von $a = 3{,}7$—15,8 cm, $b = 2{,}9$—7 cm, $h = 2{,}8$—2,85 cm aus einer Platte nach 90 Tagen Erhärtungszeit, [3] Tab. IV) $\alpha = 152$, $\beta = 103$, Würfelfestigkeit $\alpha + \beta = 255$ kg; für sehr feinkörnigen, gelben Heilbronner Buntsandstein, Druckrichtung parallel zum Lager (9 rechteckige Prismen von $a = 9{,}05$—9,25 cm, $b = 9{,}1$—9,22 cm, $h = 2{,}73$—36,3 cm und 9 cylindrische Prismen von $2r = 9{,}1$—9,3 cm, $h = 2{,}9$—36,25 cm, [3] Tab. V) $\alpha = 358$, $\beta = 118$, Würfelfestigkeit $\alpha + \beta = 476$ kg; für ziemlich feinkörnigen Sandstein von Eltmann, Bayern, Druckrichtung parallel zum Lager (5 rechteckige Prismen von $a = 12{,}3$—12,35 cm, $b = 6{,}05$ bis 6,15 cm, $h = 3{,}05$—22,65 cm, 4 solche von $a = 12{,}3$—12,35 cm, $b = 9{,}35$—9,45 cm, $h = 4{,}85$ bis 27,1 cm, 9 solche von $a = 12{,}35$—12,45 cm, $b = 12{,}35$—12,5 cm, h - 6,2—64,75 cm, [3] Tab. VI), $\alpha = 390$, $\beta = 106$, Würfelfestigkeit $\alpha + \beta = 496$ kg. Die genügende Uebereinstimmung der beobachteten und mit vorstehenden α, β nach 2 berechneten d zeigt ihre Zusammenstellung in den angeführten Tabellen. Nach älteren Versuchen von Rondelet und Vicat erhielt Bauschinger für eine Sorte Gips $\alpha = 38{,}68$, $\beta = 2{,}56$, $\alpha + \beta = 42{,}24$ kg, für eine zweite Sorte $\alpha = 39{,}74$, $\beta = 2{,}77$, $\alpha + \beta = 42{,}51$ kg, für Luftziegel $\alpha = 20{,}6$, $\beta = 15{,}8$, $\alpha + \beta = 36{,}4$ kg, für eine Komposition von Kreide und Sand $\alpha = 17{,}0$, $\beta = 5{,}83$, $\alpha + \beta = 22{,}83$ kg. Für Beton aus Blaubeurener Portlandzement (vor den Versuchen 1—2 Tage in der Form, 28 in Wasser) ergaben sich, [5] S. 2:

1 Zement,	2 Mainsand, 4 Basaltschotter . . .	$\alpha = 118$,	$\beta = 138$,	$\alpha + \beta = 256$ kg
1 „	2 Basaltgries, 6 Juraschotter . . .	$\alpha = 41$,	$\beta = 118$,	$\alpha + \beta = 159$ „
1 „	2 Donausand, 4 Donaukies (geworfen)	$\alpha = 75$,	$\beta = 90$,	$\alpha + \beta = 165$ „
1 „	2,5 „ 5 „ „	$\alpha = 48$,	$\beta = 98$,	$\alpha + \beta = 146$ „
1 „	3 „ 6 „ „	$\alpha = 56$,	$\beta = 74$,	$\alpha + \beta = 130$ „
1 „	3 „ 6 wie zuvor, rasch bindend	$\alpha = 39$,	$\beta = 68$,	$\alpha + \beta = 107$ „

Nach allem Gesagten müssen behufs zweckmässiger Vergleichung von Druckfestigkeiten verschiedener Materialsorten die Probestücke von gleichen Dimensionen oder doch geometrisch ähnlich sein. So wurden auf den Konferenzen für einheitlicke Untersuchungsmethoden zu München und Dresden festgesetzt: für Gusseisen Würfel von 3 cm Kantenlänge, für Holz quadratische Prismen von 10/10/15 cm, für natürliche Bausteine Würfel von mindestens 10 cm Kantenlänge, für Ziegel annähernde Würfel aus zwei halben Steinen, mittelst schwacher Mörtelschicht aus Portlandzement verbunden und ebenso an den Druckflächen ausgeglichen. für Pflaster und Schottermaterial Würfel von 50 qcm Querschnittsfläche, [6] S. 21, 23, 28, 31, 35, 44.

Ist der Druck nur auf einem Teil F des einen Endquerschnitts S gleichmässig verteilt, während der andere, wie gewöhnlich, ganz beansprucht wird, dann liefert 1. per Quadrateinheit von F eine grössere Druckfestigkeit D als bei vollständig getroffener Stirnfläche S. Bauschinger hat auch hierüber Versuche angestellt mit Würfeln von ca. 10 cm Kantenlänge aus Schweizer Sandstein der oben erwähnten Platte, bei welchen die Druckrichtung senkrecht zum Lager und die Verkleinerung der Druckfläche durch Abschrägungen verschiedener Grade, wie in Fig. 2, oder durch aufgesetzte Stahlkörper, wie in Fig. 3, 4 bewirkt war. Es ergab sich, dass D wesentlich von dem Verhältnis der Flächen F, S und der Lage ihrer Schwerpunkte gegen einander abhängt. Bezeichnen K, L die Entfernungen des Schwerpunkts O der rechteckigen Druckfläche F von den nächstgelegenen Seiten der rechteckigen Stirnfläche S (Fig. 5) und k, l die halben Seitenlängen von F, sowie $d = \alpha + \beta$ die Festigkeit bei vollständig beanspruchter Stirnfläche, dann konnte die auf F bezogene Druckfestigkeit gesetzt werden:

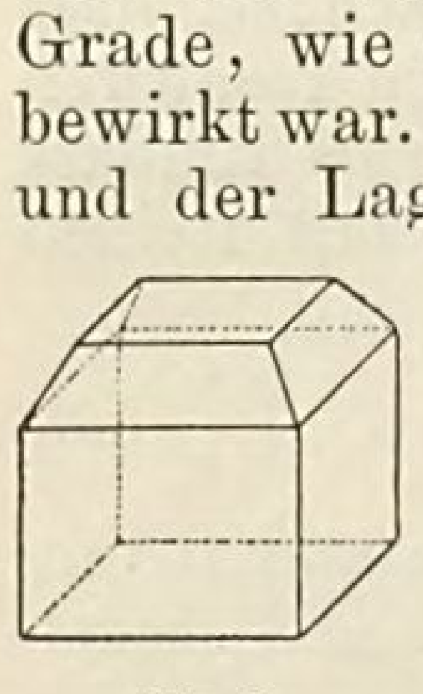


Fig. 2

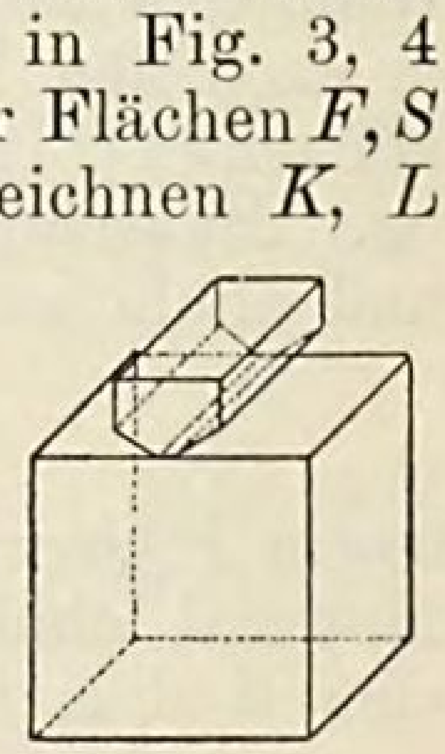


Fig. 4.

$$D = d \sqrt[3]{\frac{KL}{kl}}. \qquad 5.$$

Wenn beide Schwerpunkte zusammenfallen, liefert diese Gleichung:

$$D = d \sqrt[3]{\frac{S}{F}}, \qquad 6.$$

während die entsprechende Beanspruchung per Quadrateinheit des ganzen Querschnitts S:

$$\frac{DF}{S} = d \sqrt[3]{\frac{F^2}{S^2}},$$

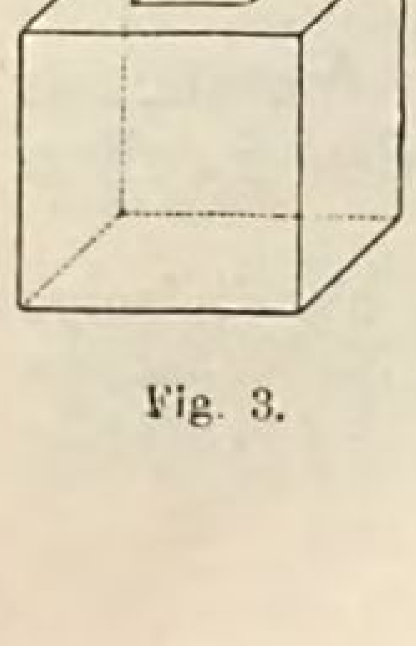


Fig. 3.

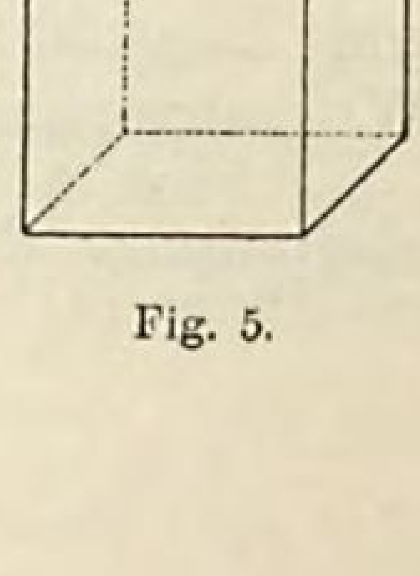


Fig. 5.

also kleiner als d. Im Mittel sämtlicher 20 Versuche berechnete sich aus 5. $d = 635$ kg gegenüber dem durch die oben erwähnten Versuche erhaltenen $\alpha + \beta = 656$ kg, und auch sonst war die Uebereinstimmung befriedigend, [3] S. 17 u. Tab. VII—IX. Auch Versuche von Durand-Claye [7] und Bach, [4] S. 59, bestätigten die Zunahme der Maximalbeanspruchung D mit abnehmendem Verhältnis von F zu S. Alle diese Versuchsresultate lassen es erklärlich erscheinen, dass Rollenlager, Tangentiallager u. s. w. per Quadrateinheit der Druckflächen ohne Schaden das Mehrfache derjenigen Beanspruchungen aushalten, welche sonst bei Eisen und Stahl gebräuchlich sind (s. Auflager, Bd. 1, S. 542, und [8]). Wurden auf beide Endquerschnitte S gleiche Stahlprismen gesetzt (Fig. 6), also beiderseits nur ein Teil F von S in Anspruch genommen, so unterschied sich die Druckfestigkeit bezogen auf F nicht wesentlich von derjenigen

$$d = 310 + 346 \frac{\sqrt{F}}{h},$$

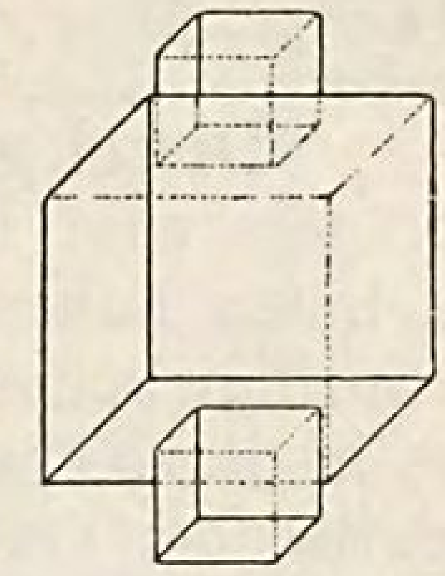


Fig. 6.

welche sich für den fraglichen Sandstein aus 4. ergibt, wenn man das zwischen den Druckflächen gelegene Prisma vom Querschnitt F und der Höhe des Würfels allein als vorhanden annimmt, wonach das seitliche Material keinen merklichen Einfluss auf die Druckfestigkeit hatte. Bauschinger schrieb dies Resultat, welches auch durch Versuche mit Granit genügend bestätigt wurde ([3], Tab. X), der geringen Zugfestigkeit des Steinmaterials zu. Versuche mit ungleichmässiger Belastung von drei Würfeln der Kantenlänge ca. 10 cm des gleichen Schweizer Sandsteins, senkrecht zum Lager, ergaben: Bei ungleichmässig verteiltem Druck beginnt der Bruch an den gefährlichsten Stellen, wenn die (in gewöhnlicher Weise berechnete) Druckspannung daselbst den Wert erreicht, für welchen bei gleichmässig verteilter Belastung der Bruch erfolgt, [3] § 26.

Bei den bisher besprochenen Materialien tritt durch genügend hohen Druck wirklicher Bruch (s. d.) ein, wobei die Bruchflächen kurzer Steinprismen im allgemeinen nach innen gehende, pyramidenartige Körper begrenzen, für grössere Höhen aber Keile (bei Bauschingers Versuchen jedenfalls für doppelte Würfelhöhe, vergl. [3], S. 7 u. Taf. X, XI). Für andere Materialien, wie Blei, Schweisseisen, Flusseisen und selbst weiche Stahlsorten ist eine Trennung durch blossen Druck überhaupt nicht erreichbar, was zu verschiedenen Verwendungen der Bezeichnung „Druckfestigkeit“ führte. So sind bei Bauschinger die in dem Art. Druckelastizität, Bd. 3, S. 450, Tab. I, angeführten beiden Maximalbeanspruchungen von Ternitzer Bessemerstahl als Druckfestigkeiten angeführt, [9], Heft 3, S. 8. Später bemerkte Bauschinger: „Bei Ueberschreitung der Druckfestigkeit tritt beim Schweisseisen und Flusseisen bekanntlich keine Zerstörung des Materials ein, sondern es wird eine Maximalbeanspruchung erreicht, die oft bei schon ziemlich bedeutender Deformation des Probestücks noch getragen wird, bei deren Ueberschreiten aber der Hebel der Wage (der Werder'schen Festigkeitsmaschine) herabfällt und auch durch fortgesetztes Pumpen nicht mehr gehoben werden kann. Diese Maximalbeanspruchung bezeichne ich kurzweg als Druckfestigkeit, [9], Heft 15, S. 12. Tetmajer fasste anfangs die Stauchgrenze als Druckfestigkeit auf, nach seinen eingehenderen Untersuchungen jedoch erscheint es dem allgemeinen Begriffe der Festigkeit am meisten entsprechend, die von ihm „Kohäsionsgrenze“ genannte Beanspruchung, welche bei dem untersuchten Schweisseisen und Flusseisen nahe der Zugfestigkeit lag, als Druckfestigkeit zu bezeichnen (s. Druckelastizität und [10] S. 51), wobei es, wie in anderen Fällen, unbenommen bleibt, bei Wahl der zulässigen Beanspruchung von dieser oder von der Stauchgrenze oder auch von der Elastizitätsgrenze auszugehen. Ueber Blei s. [4] S. 44, 54, und [11].

Die Gesamtheit der berührten Resultate macht es erklärlich, dass man über die Druckfestigkeit bestimmter Materialien sehr verschiedene Angaben findet, weshalb dieselben mit Vorsicht zu verwenden sind. Da überdies Steine etc., selbst von gleicher Art und unter genau gleichen Verhältnissen erprobt, je nach der Herkunft sehr verschiedene Druckfestigkeiten aufweisen können (vergl. z. B. [12] S. 79), so wird man gut thun, ungenügend bekannte Materialien vor der Verwendung in einer Versuchsanstalt prüfen zu lassen. S. auch Druckelastizität, Druck, exzentrischer, Festigkeit, Knickfestigkeit, Arbeitsfestigkeit.

Litteratur: [1] Navier, Résumé des leçons sur l'application de la mécanique etc., Paris 1826, S. 3. — [2] Morin, Résistance des matériaux, Paris 1853, S. 61. — [3] Bauschinger, Mitteilungen u. s. w., Heft 6 (Experimentelle Untersuchungen über die Gesetze der Druckfestigkeit), München 1876. — [4] Bach, Elastizität und Festigkeit, Stuttgart 1894, S. 42. — [5] Leibbrand, Betonbrücke über die Donau bei Munderkingen, Stuttgart 1894, S. 2. — [6] Beschlüsse der Konferenzen zu München 1884 und Dresden 1886 über einheitliche Unter-

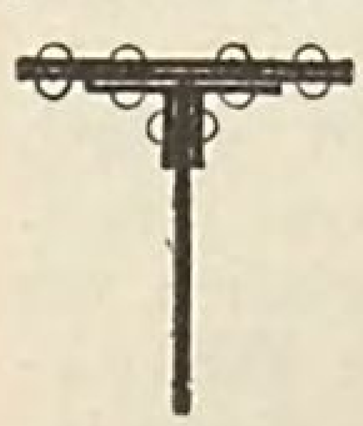
suchungsmethoden für Bau- u. Konstruktionsmaterialien, München 1887. — [7] Flamant, Résistance à l'écrasement des pierres partiellement chargées, Annales des ponts et chaussées 1887, II, p. 230. — [8] Weyrauch, Ueber die Berechnung der Brückenauflager, Zeitschr. des Arch.- u. Ing.-Vereins zu Hannover 1894, S. 131, 569. — [9] Bauschinger, Mitteil. u. s. w., Heft 3 (Ternitzer Bessemerstahl), München 1874; Heft 15 (Säulen im Feuer etc., Zerknickung), München 1887. — [10] Tetmajer, Mitteilungen u. s. w., Heft 4 (Methoden und Resultate für Eisen und andere Metalle), Zürich 1890, S. 50. — [11] Bach, Zulässige Belastung von Blei gegenüber Druckbeanspruchung, Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ingen. 1885, S. 629. — [12] Tetmajer, Die Baumechanik, Zürich 1889, S. 75. *Weyrauch.*

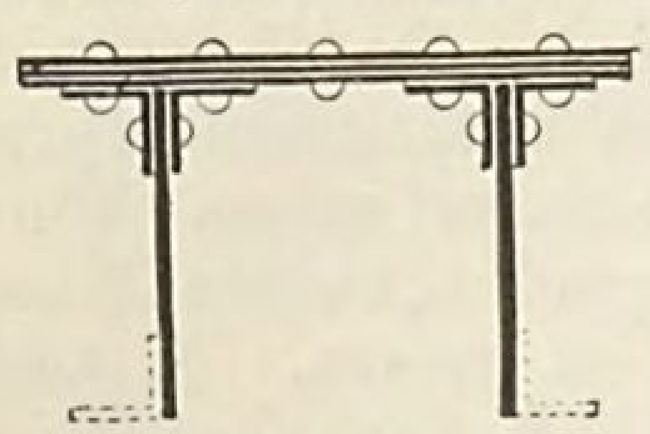
Druckgurte, die auf Druck beanspruchten Gurtungen eines Fachwerksträgers zum Unterschied von den Zuggurtungen, welche bloss Zugkräfte aufzunehmen haben. Bei den einfachen Balkenträgern sind es die Obergurten, bei den kontinuirlichen Balkenträgern (gewöhnliche und kontinuirliche Gelenkträger) sind es in der Nähe der Mittelstützen die Untergurte, in den übrigen Teilen die Obergurte, bei den Bogenfachwerksträgern endlich sind es im allgemeinen beide Gurtungen, welche eine Druckbeanspruchung erfahren. Die Druckgurte müssen einen steifen, d. h. knickfesten Querschnitt erhalten und sind auf Knickungsbeanspruchung zu berechnen. In dieser Hinsicht gilt das über Druckstäbe Gesagte und kann für das Ausknicken in der Trägerebene die Entfernung der Knotenpunkte als Knicklänge angenommen werden. Die gleiche Länge kommt auch für das Ausknicken senkrecht zur Tragwandebene in Frage, wenn die Knotenpunkte durch Querverbindungen gehalten sind. Für die Obergurte offener Brücken, welche ohne Querverbindung sind, kommt für die Knicksicherheit des Gurtes nebst dem Trägheitsmoment seines Querschnittes für die vertikale Schweraxe auch noch die Steifheit der Ausfachungsstäbe, besonders der Vertikalen, sowie das Trägheitsmoment der Querträger in Frage; keinesfalls genügt es, hier den Obergurt nur auf Ausknicken in einer Knotenweite zu berechnen, ohne gleichzeitig die Steifigkeit der von den Druckstäben der Ausfachung und den Querträgern gebildeten Rahmen einer Untersuchung zu unterziehen. (S. Offene Brücken.)

Die hauptsächlichst angewendeten steifen Gurtquerschnittsformen sind:

1. Der T-förmige Querschnitt aus einem vertikalen Stege und horizontalen Flantschen bestehend. Für ganz kleine und schwache Gitterträger genügt ein Walzprofileisen etwa mit aufgenieteten Blechen oder zwei Winkeleisen; für stärkere Träger wird jedoch dieser Gurtquerschnitt aus Flacheisen, bezw. Blechen und Winkeleisen zusammengesetzt (Fig. 1). Die Stehbleche sollen dabei nicht zu schwach genommen werden (für Brückenträger δ mindestens 14 mm), um Ueberanstrengungen in den Nietanschlüssen zu vermeiden, und wegen der Knickungsbeanspruchung soll die Breite des Stehblechs vor den beiden Anschlusswinkeleisen nicht grösser als die 15fache Stehblechdicke sein. Wo grössere Breiten, daher auch Dicken des Stehblechs notwendig werden, empfiehlt es sich, dasselbe aus zwei auf einander genieteten Blechen zu bilden. Im übrigen sind sehr breite Stehbleche wegen der bei der Biegung der Träger entstehenden grossen Nebenspannungen nicht zweckmässig. Für die Anschlusswinkel sind breitschenkelige Kaliber zu wählen (Schenkelbreite in cm etwa $10 + 0{,}06\,l$, worin l = Spannweite in m). Die Breite der Lamellen oder Kopfbleche kann (in cm) etwa mit $15 + 0{,}4\,l$ angenommen werden. Werden die Lamellen so breit gemacht, dass sie beiderseits um mehr als 6 cm über die Ränder der Winkeleisen vorstehen, so sind die Lamellen unter sich durch eine Randvernietung, in welcher die Nieten gegen die mittleren Reihen versetzt sind, zu verbinden. Mit dem einfachen T-Gurte lassen sich Querschnittsflächen bis zu etwa 500 cm² erreichen; durch Verstärkungen in Form von Randwinkeln an den Lamellen und am Stehbleche lässt sich die Grösse der Fläche noch weiter bis auf etwa 700 cm² steigern.

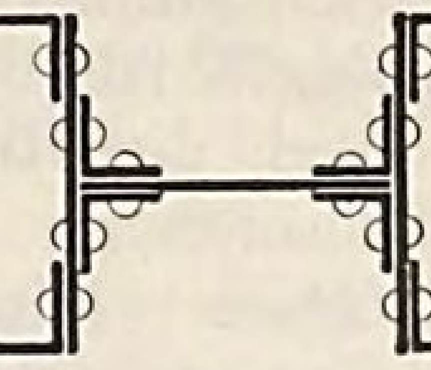
2. Der ╥-förmige Querschnitt (Doppel-T-Gurt, Fig. 2). Derselbe ist bei grösseren Spannweiten und dort, wo man dem Gurte wegen der erforderlichen Seitensteifigkeit eine grössere Breite zu geben hat, sehr häufig angewendet. Hinsichtlich der Stärke und Breite der Stehbleche gilt das Gleiche wie beim einfachen T-Querschnitt. Der Abstand der beiden Stehbleche richtet sich nach der den Druckstäben der Ausfachung mit Rücksicht auf Seitenbeanspruchung zu gebenden Breite und wird beiläufig mit $^1/_{20}$ der Trägerhöhe angenommen. Die Kopfbleche (Lamellen) erhalten, wenn ihre Breite über 1 m ist, versetzte Längsstösse. Sie sind mit jedem Stehblech gewöhnlich mittelst je zwei Winkeleisen verbunden; zuweilen sind die inneren Winkel weggelassen, wobei sich dann aber empfiehlt, wenigstens an den Knotenpunkten den Anschluss durch beiderseitige Winkel zu bewerkstelligen. Im gedrückten Gurte sind die beiden Stehbleche ausser an den Knotenpunkten auch noch dazwischen durch eingenietete Querbleche (Diaphragmenbleche) oder durch Gitterwerk zu verbinden, welch letzteres am unteren Rande der mit Winkeleisen gesäumten Stehbleche befestigt wird. Der grösste ausgeführte Doppel-T-Querschnitt hat etwa 2500 cm² Fläche. Sehr grosse Gurtquerschnitte haben zuweilen auch drei und selbst vier Stehbleche erhalten.

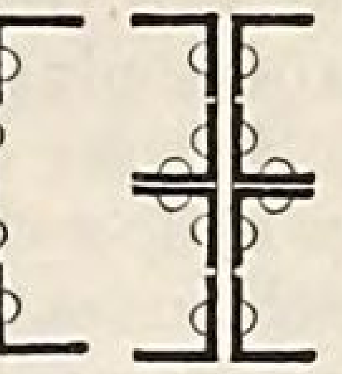

Fig. 1.

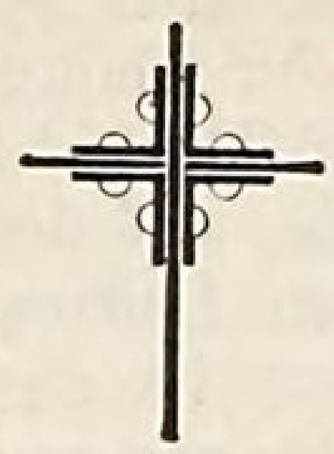

Fig. 2.

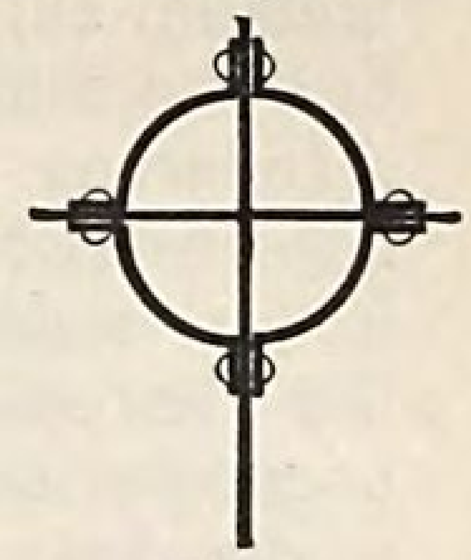
3. Der ⊢⊣-förmige Gurt (Fig. 3). Derselbe besteht aus zwei vertikalen, zumeist durch Winkeleisen eingefassten Blechen, welche in der Mitte durch ein horizontales Blech oder durch Gitterwerk mit einander verbunden sind. Vorteile: symmetrische Form, daher Erhaltung der Schweraxe, geringe Nebenspannungen. Es lassen sich damit ungefähr dieselben Flächengrössen erzielen wie mit dem Π-Querschnitt.

4. Der +-förmige Querschnitt (Fig. 4), entweder bloss aus vier Winkeleisen bestehend, welche zwischen sich den erforderlichen Zwischenraum zum Einsetzen der Knoten- und Anschlussbleche lassen, oder bei grösserer Fläche aus vier Winkeleisen und dazwischen befindlichen horizontalen und vertikalen Lamellen gebildet. Man kann den Gurt auch aus zwei oder aus vier solchen kreuzförmigen Elementen zusammensetzen, welche neben und über einander anzuordnen und unter sich in starre Verbindung durch Gitterwerk zu bringen sind. Der einfache Kreuzquerschnitt ermöglicht Querschnittsgrössen bis zu etwa 500 cm².


Fig. 3.


Fig. 5.


Fig. 4.


Fig. 6.

5. Der][-förmige Querschnitt (Fig. 5), selten aus zwei [-Eisen, sondern meist auch aus Blechen und Winkeleisen oder bloss aus vier oder acht Winkeleisen mit dazwischen liegendem Flacheisengitterwerk zusammengesetzt. Auch als Doppelgurt ausgeführt und bei den von Schwedler erbauten Brücken (s. Schwedler-Träger) häufig angewendet. Die Schlitze zwischen den beiden [-förmigen Gurtteilen sind aber im Anstrich schlecht zu erhalten.

6. Der I-förmige Querschnitt in Form eines Blechträgers findet wegen der schwierigen Knotenpunktsanschlüsse zu den Gurtungen der Balkenträger selten Anwendung; er eignet sich am ehesten noch zu solchen Trägerarten, wo die Veränderlichkeit des Gurtquerschnitts eine geringe ist, also zu parabolischen Balkenträgern und Bogenträgern. Dasselbe gilt auch von dem Kastengurt.

7. Der röhrenförmige Gurt. Die cylindrische Röhre ist eine zur Aufnahme grosser Druckkräfte besonders geeignete Form. In kleinen Dimensionen sind solche Gurte aus Quadrant- und Sextantseiten zusammengesetzt (Fig. 6), hie und da bei Bogenträgern und auch bei älteren Ausführungen von Balkenträgern zur Anwendung gelangt. Grosse aus Blechen gebildete Röhrengurte haben die beiden noch von Brunel erbauten Brücken über den Wye bei Chepstow und über den Tamar bei Saltash und zwar haben bei diesen Brücken beide Tragwände einen gemeinschaftlichen Druckgurt in Form einer kreisförmigen oder elliptischen Röhre. Das bedeutendste Beispiel röhrenförmiger Druckgurte zeigt aber die Brücke über den Firth of Forth. Der Untergurt der Kragträger hat hier die Gestalt einer aus 32 mm starken Stahlplatten zusammengesetzten Röhre (Fig. 7) von 3,66 m grösstem Durchmesser, welche innen noch durch Längsträger und Diaphragmenringe ausgesteift ist. *Melan.*

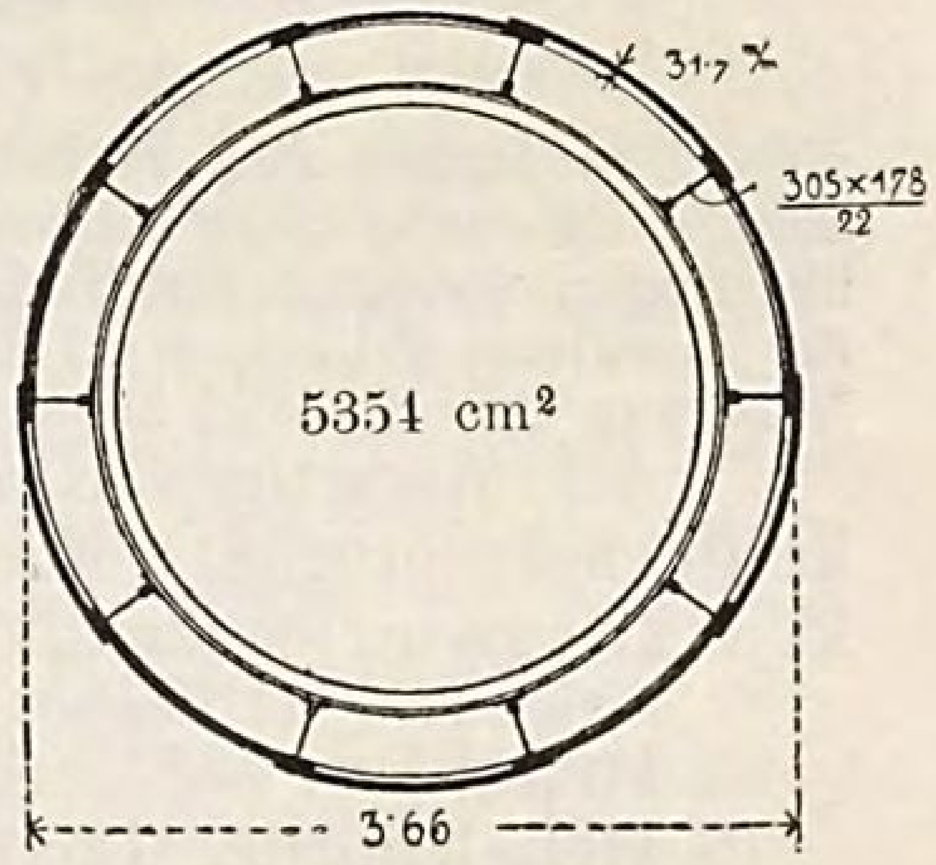
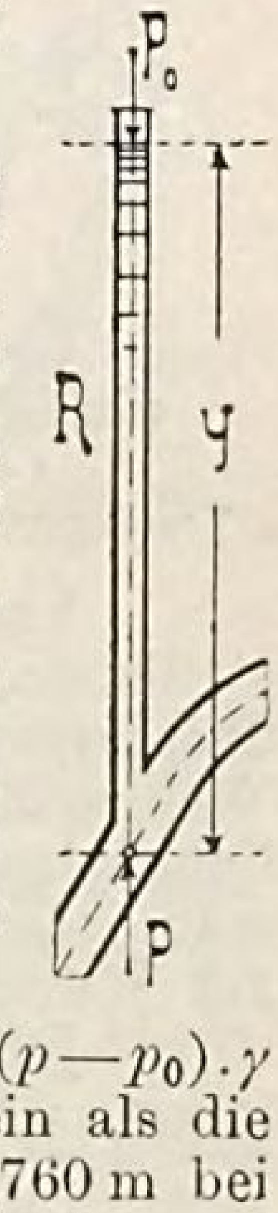


Fig. 7.

Druckhöhe ist die einer bestimmten Pressung p an bestimmtem Orte entsprechende Höhe z der Flüssigkeitssäule, welche an diesem Orte dieselbe Pressung bewirken würde. Dabei kann jede beliebige Flüssigkeit massgebend sein; meistens werden in der Technik das Wasser oder das Quecksilber zu diesbezüglichen Massbestimmungen benützt. Nur bei grossen Pressungen dient zur Angabe der Druckhöhen auch die 10 333 kg pro qm betragende Pressung der Atmosphäre (bei 0° C. in Meereshöhe gemessen) als Einheit.

Bezeichnet man mit γ das Gewicht eines Kubikmeters Flüssigkeit und nimmt man dasselbe für normale Temperaturen und verschiedene Stellen der Erdoberfläche konstant an, so drückt sich die ebengedachte Beziehung aus durch die Gleichung: $p = \gamma z$.



Befindet sich die Flüssigkeit in einem geschlossenen Gefässe oder in einer Röhre und übt sie daselbst die Pressung p aus, so wird in einem gegen die Atmosphäre offen gedachten Aufsteigrohre (Piezometer) R (s. Fig.) die der resultirenden Pressung äquivalente Höhe der Flüssigkeitssäule y aus der Beziehung: $p - p_0 = \gamma y$ bestimmt, da dem das Aufsteigen bewirkenden inneren Druck p der atmosphärische Druck p_0 entgegenwirkt. Man nennt $p - p_0$ den Ueberdruck, y die entsprechende Ueberdruckhöhe, und dann, wenn die Flüssigkeit in der Röhre bewegt ist, die disponible Druckhöhe oder die dynamische Druckhöhe.

Ist die atmosphärische Pressung p_0 grösser als der innere Druck p, so wird $y = (p - p_0) \cdot \gamma$ negativ; die Grösse von y muss in diesem Falle selbstverständlich stets geringer sein als die atmosphärische Druckhöhe $p_0 : \gamma$, also $<$ 10,33 m bei der Bewegung von Wasser, $<$ 0,760 m bei jener von Quecksilber etc.; s. den Art. Heber.

Als lebendige Druckhöhe bezeichnet man die der Geschwindigkeit v der Bewegung einer Gewichtseinheit Flüssigkeit entsprechende Energie: $e = v^2 : 2g$,

unter g die Beschleunigung der Schwere verstanden (s. Energie). — Das zur Erzeugung und zur Erhaltung der Bewegung einer Flüssigkeit erforderliche Gefälle auf irgend einer Strecke nennt man die wirksame Druckhöhe; dieselbe muss also äquivalent sein der auf der gleichen Strecke entstehenden Aenderung der Energie pro Gewichtseinheit, d. h. der Aenderung in der lebendigen Druckhöhe plus der Widerstandshöhe oder Druckverlusthöhe, welche auf der Strecke durch die Reibung des Wassers an den Wänden der führenden Leitung und an besonderen Widerständen (Krümmungen, Verengungen etc.) in derselben entstehen. Hinsichtlich Berechnung der letzteren s. die Art. Bewegung des Wassers, Hydraulik, Rohrleitung. *Lueger.*

Druckkraftorgane. Durch tropfbar flüssige oder gasförmige Körper, z. B. Wasser, Oel, Dampf, Luft etc., welche in Röhren oder Gefässe eingeschlossen sind, kann vermöge ihres Widerstandes eine Druckkraft, die einerseits auf einen solchen Körper ausgeübt wird, andererseits übertragen werden, um die Bewegung eines festen Körpers zu bewirken.

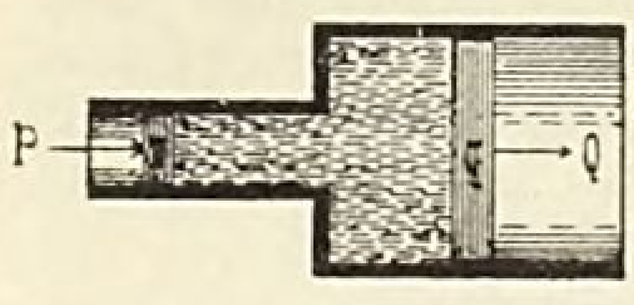


Fig. 1.

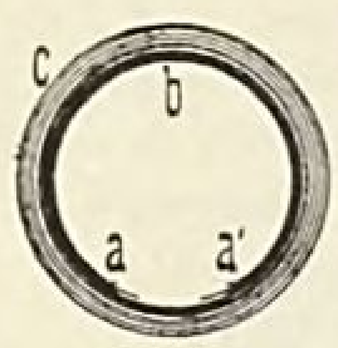


Fig. 2.

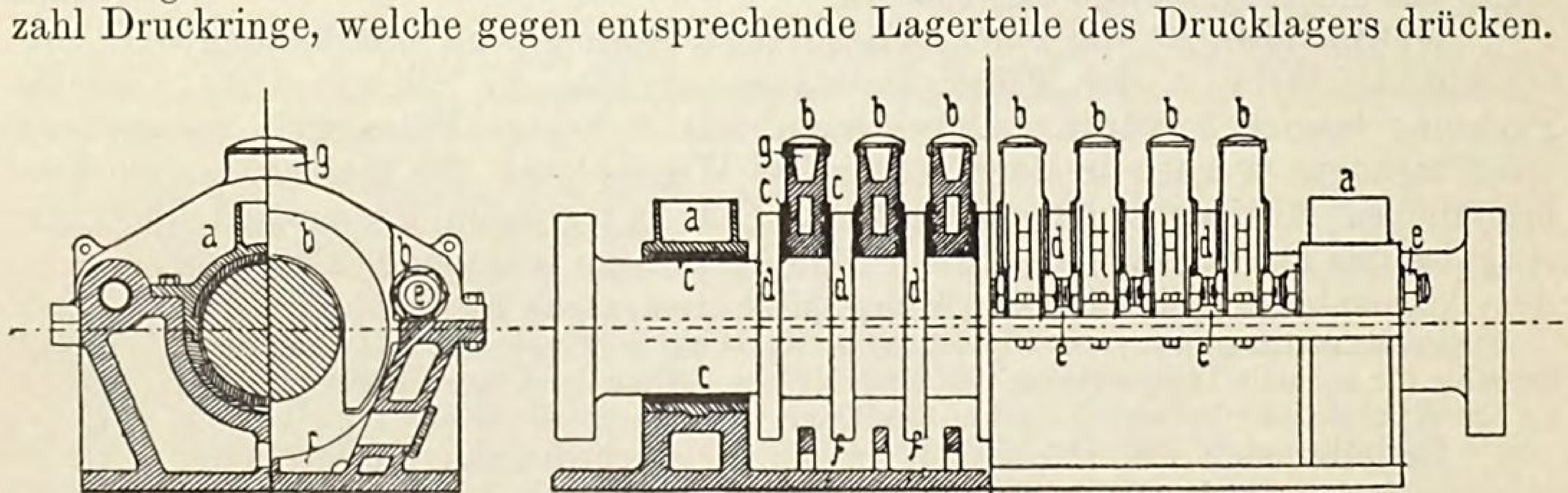
Dies ist in Fig. 1 veranschaulicht, wo sich z. B. Wasser in den beiden zusammengesetzten Hohlcylindern befindet und die Druckkraft P, welche auf den Kolben p wirkt, eine Druckkraft Q auf den Kolben q hervorbringt; diese Druckkräfte P, Q verhalten sich wie die Flächeninhalte der Cylinderquerschnitte. Ferner kann auch durch einen schwachen Draht, der von einem Rohr umschlossen ist, eine Druckkraft übertragen werden. Ein Stahlband b, welches, wie Fig. 2 zeigt, in einem Hohlcylinder c an der Wandung anliegt, wird durch Druckkräfte, die an den Bandenden a, a' wirken, gegen die Wandung gepresst und kann in dieser Weise als Bremse dienen.

Alle derartigen Körper, welche in der angegebenen Weise durch Druckkräfte beansprucht werden und Kräfte übertragen, hat Reuleaux [1] Druckkraftorgane genannt.

Litteratur: [1] Reuleaux, Theoretische Kinematik, Braunschweig 1875, S. 166. *Burmester.*

Druckkurve, s. Aeussere Arbeit.

Drucklager. Das Drucklager einer Schraubenschiffsmaschine dient dazu, den von der Schraube herrührenden Schub auf das Schiff zu übertragen. Der Druck P auf das Lager berechnet sich in Kilogrammen zu $P = 50\,J : v$, worin J die Anzahl indizirter Pferdestärken und v die Schiffsgeschwindigkeit in Metern pro Sekunde bezeichnet. Der Lagerdruck darf 3,5 bis 5,0 kg pro qcm nicht übersteigen. Zur Aufnahme dieses Druckes erhält die Schraubenwelle eine Anzahl Druckringe, welche gegen entsprechende Lagerteile des Drucklagers drücken.



a Traglager. *b* Bügel. *c* Weissmetall. *d* Wellenringe. *e* Spindel zum Einstellen der Bügel. *f* Oelbad. *g* Schmiergefäss.

Von den verschiedenen Drucklagerkonstruktionen ist diejenige von Maudsley mit verstellbaren Lagerbügeln (s. Fig.) zurzeit am verbreitetsten. Das Lager besteht aus zwei Traglagern, zwischen welchen die mit Weissmetall ausgegossenen Bügel, die den Druck der Wellenringe aufnehmen, im Lagerstuhl verstellbar angeordnet sind. Jeder Bügel besitzt ein Schmiergefäss, während die Druckringe in ihrem unteren Teile in einem Oelbad laufen. Da man jeden Bügel einzeln einstellen kann und die Schmierung eine vorzügliche ist, so kommt ein Warmlaufen selten vor [1], [3].

Das Drucklager ist nicht allein solid am Schiffsrumpfe zu befestigen, sondern auch möglichst mit dem Maschinenfundament starr zu verbinden.

Litteratur: [1] Busley, Die Schiffsmaschine, Kiel 1886. — [2] R. Hauck u. Busley, Die technische Entwicklung des Norddeutschen Lloyds und der Hamburg-Amerikanischen Paketfahrt-Aktiengesellschaft, Berlin 1893. — [3] A. E. Seaton, A Manual of Marine Engeneering, London 1891. *Tj. Schwarz.*

Druckleitung nennt man jede zur Führung einer Flüssigkeit bestimmte Rohrleitung, bei welcher die innere Pressung grösser ist als der atmosphärische Druck. Bei der Wasserversorgung versteht man darunter insbesondere die von dem Druckwindkessel einer Pumpstation ausgehende Zuleitung zu einem Reservoir oder Verteilungsnetze (vergl. d. Art. Rohrleitung).

Drucklinie, auch Stützlinie, Mitteldrucklinie, Mittelkraftlinie, Widerstandslinie, heisst die Linie, nach der sich der Druck im Innern eines eisernen oder steinernen Bogenträgers fortpflanzt. Gewöhnlich wird die Drucklinie als das Seilpolygon aufgefasst, das entsteht, wenn man den Auflagerdruck des Bogenträgers oder auch den Druck im Scheitel mit den Belastungen zusammensetzt. Bei steinernen Bogen (Gewölbe aus Mauerwerk oder Beton) unterscheidet man zuweilen die „Mittellinie des Druckes" (von einigen auch Stützlinie genannt), das ist die Verbindungslinie der Angriffspunkte der Druckresultanten in den auf einander folgenden Gewölbfugen oder Querschnitten. Doch weicht diese Linie von der Drucklinie meistens nur wenig oder gar nicht ab. Die Drucklinie dient dazu, die im Innern des Bogenträgers auftretenden Spannungen zu ermitteln und darnach seine Tragfähigkeit zu beurteilen. Bei Fachwerkbogen bedient man sich hierzu des Cremona'schen Kräfteplans oder des Culmann'schen Verfahrens (s. d.), bei vollwandigen Bogen, also auch bei Gewölben, der gewöhnlichen Formeln und Regeln der Biegungsfestigkeit (s. d.). Auch bei der statischen Berechnung der Widerlager und Pfeiler von Bogenträgern geht man in der Regel von der Drucklinie aus. — Liegt die Drucklinie bei einem Fachwerkbogen innerhalb beider Gurtungen, so werden beide Gurtungen auf Druck beansprucht. Liegt die Drucklinie ausserhalb der Gurtungen, so tritt in der auf der andern Seite befindlichen Gurtung Zug auf. Liegt die Drucklinie bei einem vollwandigen Bogen innerhalb des Zentralkerns (s. Kern) der Querschnittsfläche, so wird der ganze Querschnitt auf Druck in Anspruch genommen. Tritt die Drucklinie aus dem Kern heraus, so entstehen auf der entgegengesetzten Seite Zugspannungen. Da der Zentralkern bei Gewölben den dritten Teil der Gewölbdicke einnimmt, so wird vielfach die Forderung aufgestellt, dass die Drucklinie nicht aus dem inneren Drittel der Gewölbdicke heraustreten dürfe.

Die Lage der Drucklinie wird bei eisernen Bogenträgern nach der Theorie der elastischen Formänderungen bestimmt (s. Bogen, Bd. 2, S. 561). Auch bei steinernen Bogen legt man in neuerer Zeit, besonders bei grossen Spannweiten, vielfach diese Theorie zu Grunde. Mit Rücksicht auf die Umständlichkeit dieses Verfahrens, sowie in Anbetracht der Unsicherheit, in der man sich hinsichtlich der Nachgiebigkeit des Fundamentes und in Bezug auf die Grösse des Erddruckes befindet, zieht man indessen bei Gewölben meistens das ältere Verfahren vor, das darin besteht, dass man die Drucklinie im Scheitel des Gewölbes an der äusseren, in der Bruchfuge (s. d.) an der inneren Kernlinie berühren lässt. (Vergl. Gewölbe u. Rohrleitung).

W. Ritter.

Drucklüftung, s. Lüftung geschlossener Räume.

Druckluft, s. Pneumatische Kraftübertragung.

Druckluftbahnen, s. Pneumatische Bahnen.

Druckluftgründung, s. Pressluftgründung.

Druckluftleitung, s. Pneumatische Kraftübertragung.

Druckluftventilation, s. Lüftung geschlossener Räume.

Druckluftwerkzeuge, s. Werkzeuge und Bohrmaschinen für bergmännische Zwecke, Bd. 2, S. 610.

Druckmaschine im Buchdruck, s. Schnellpresse; in der Textilindustrie, s. Garndruckmaschine und Zeugdruckmaschine.

Druckmesser, s. Manometer.

Druckmesser bei Gasfabriken. Der einfachste Druckmesser ist eine bis zu einer bestimmten Höhe mit Wasser gefüllte, zweischenkelige, kommunizirende Glasöhre, auf deren einen Schenkel der Gasdruck und auf deren andern der Atmosphärendruck wirkt. In ersterem stellt sich der Wasserspiegel tiefer als in letzterem und der Unterschied der Höhen beider Wassersäulen gibt das Mass des Druckes, der an einer nach Millimeter geteilten Skala direkt abgelesen wird.

Fig. 1 und 2 geben die auf Gaswerken gebräuchlichsten Formen, bei denen die beiden Schenkel durch Messingfassungen verbunden sind. Schiele wendet ein weites Glasrohr mit angeschmolzenem dünnem Halse an (Fig. 3), in das ein dünneres, unten offenes, oben ebenfalls mit Hals und eingeätzter Teilung versehenes Glasrohr eingeschmolzen ist. Das Gas wirkt auf

das weite Rohr, drückt den Wasserstand hinab, während es in dem engen Rohre steigt. — Der einschenkelige Druckmesser von Langen und Lux (Fig. 4) besteht aus zwei kommunizirenden Glasröhren, von denen die eine einen 36mal so grossen Querschnitt hat als die andere. Dieser weite Schenkel bildet ein kurzes Gefäss, in das durch ein inneres Rohr das Gas eingeführt wird, während der lange offene Schenkel an dasselbe angeschmolzen ist. Sinkt in ersterem der Flüssigkeitsspiegel nur wenig, so steigt die Wassersäule in dem engen Schenkel ganz bedeutend. Statt Wasser benützt Lux zur Füllung Petroleum, welches nicht so rasch verdunstet und infolge seines spez. Gew. von 0,8 eine um etwa 25 % grössere Teilung bedingt, wodurch die Ablesung genauer wird.

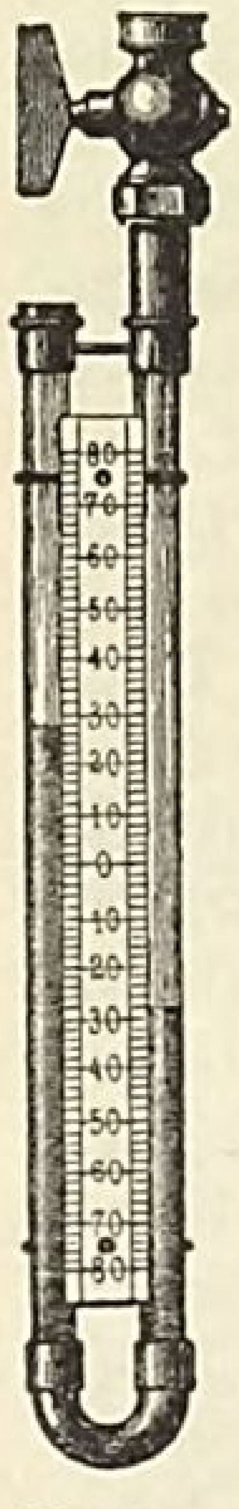


Fig. 1.

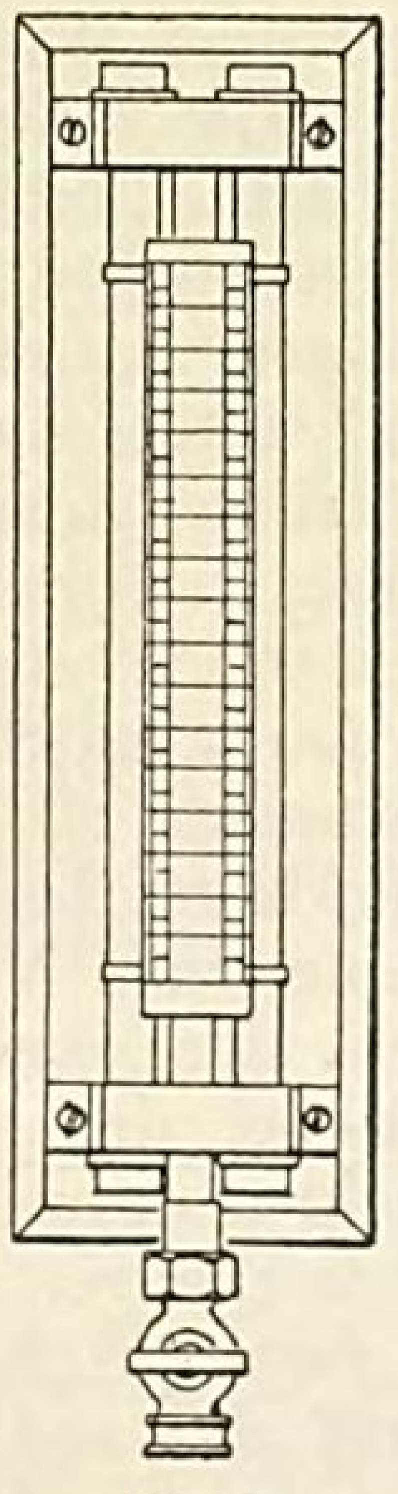


Fig. 2.

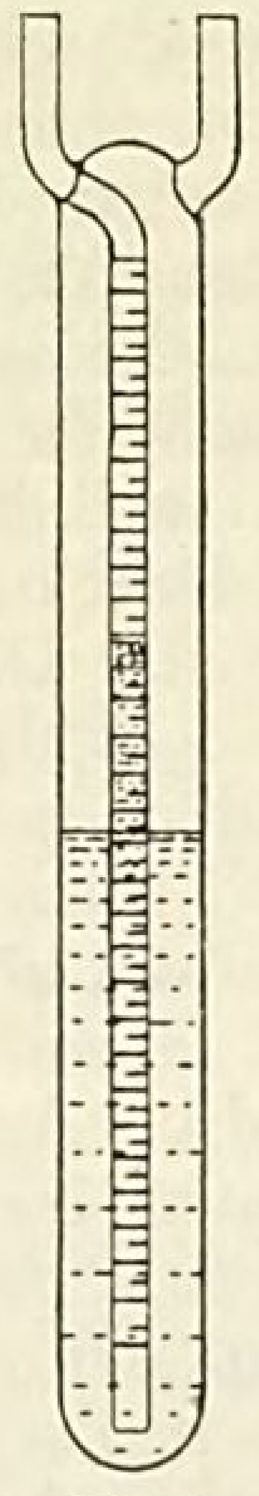


Fig. 3.

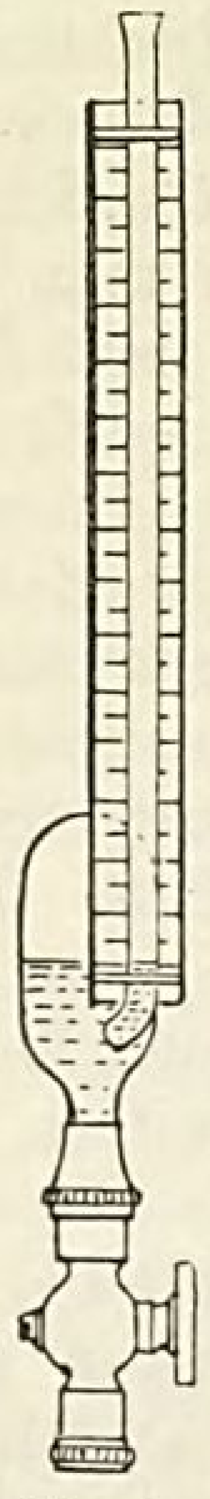


Fig. 4.

Zur besseren Uebersicht ordnet man häufig sämtliche Druckmesser neben einander auf einer Holztafel, der Manometertafel, an, und zwar entweder die in Fig. 1 und 2 abgebildeten zweischenkeligen Druckmesser oder einschenkelige Differenzmanometer Ein hinter der Tafel angebrachter, gemeinsamer grosser Wasserkasten, der mit dem Atmosphärendruck kommunizirt, stellt den gemeinschaftlichen offenen Schenkel dar, so dass man ohne Vergleich zweier Wassersäulen an den einschenkeligen Druckmessern ohne weiteres den Druck ablesen kann. Da der Wasserstand im Wasserkasten die Nulllinie bildet, so muss man sich vor dem Ablesen der Druckverhältnisse davon überzeugen, ob mit diesem die Stellung des Nullpunktes der einzelnen Skalen übereinstimmt. Diese Unbequemlichkeit veranlasste Elster, eine Manometertafel mit festem Nullpunkt zu konstruiren, indem er statt des hinteren Wasserkastens neben den Druckmesserschenkeln und mit diesen kommunizirend ein Schwimmrohr mit halbkreisförmigem Wassergefäss anordnet, in dessen Zentrum ein Halbcylinderschwimmer gelagert ist, dessen Zeiger auf einer Bogenskala spielt, die ein weisses und rechts und links unten je ein schwarzes Segment zeigt. So lange der Zeiger auf dem weissen Segment spielt, ist der Wasserstand normal und der Nullpunkt richtig; im andern Fall hat man nur etwas Wasser in den Kasten nachzufüllen. Im Experimentirzimmer der Gasanstalten bedient man sich des multiplizirenden Druckmessers, der die Schwankungen der Wassersäule in fünffacher Vergrösserung angibt.

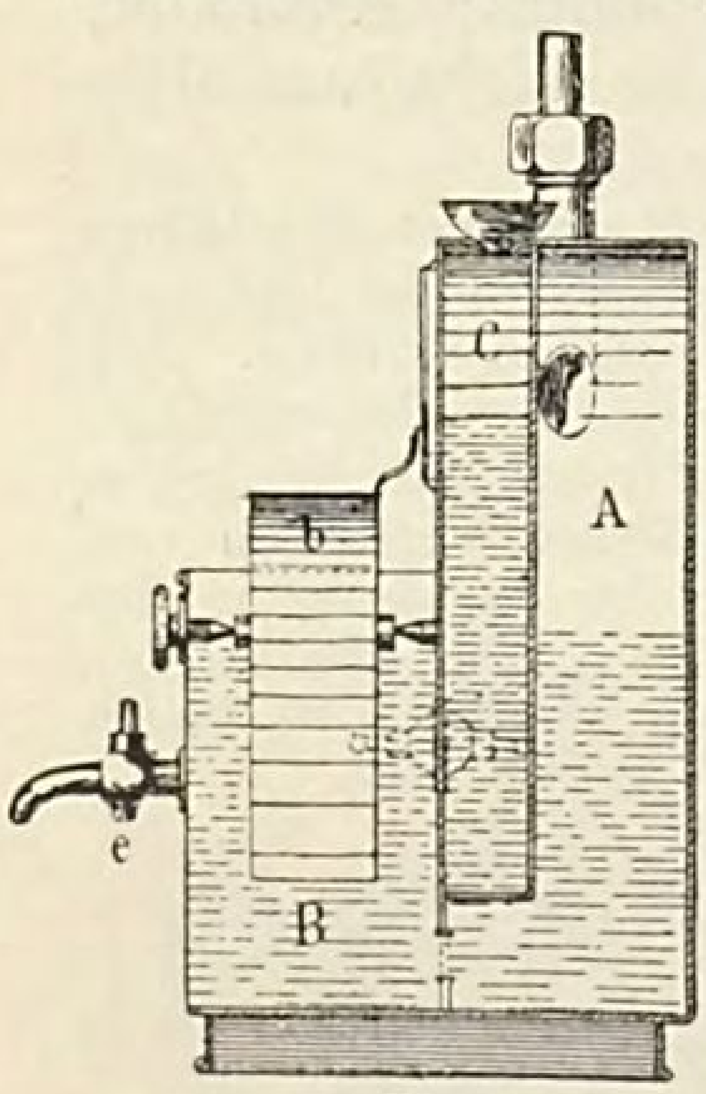


Fig. 5.

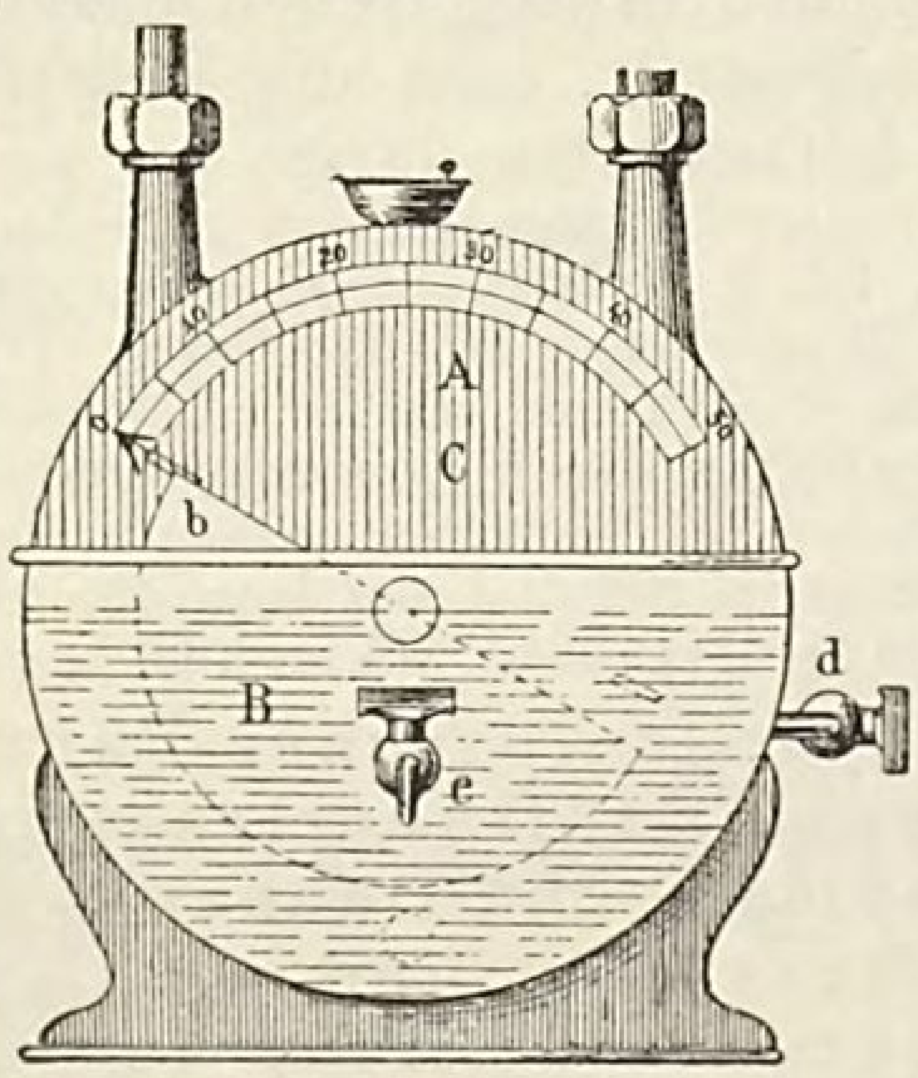


Fig. 6.

Er besteht (Fig. 5 und 6) aus einem geschlossenen Behälter A, der mit der auf ihren Druck zu untersuchenden Leitung verbunden wird, und einem mit demselben kommunizirenden Behälter B, in welchem ein halbkreisförmiger Schwimmer b zwischen Spitzen aufgehangen ist. Wenn das Wasser infolge des in A eintretenden Gasdruckes über die Axe des Schwimmers steigen will, so verhindert letzterer dieses, indem er sich um einen entsprechenden Teil aus dem Wasser hebt, sich also um seine Axe dreht und den am Ende angebrachten Zeiger hebt, der auf der Skala den Druck anzeigt. Der Wasserstand ist mit Hilfe des Nachfüllgefässes C und des Umgangshahnes d so zu reguliren, dass, wenn der Raum A mit Luft in Verbindung ist, der Zeiger auf dem Nullpunkt der Skala steht. *G. F. Schaar.*

Druckmodel, s. Handdruck.

Druckpapier, meist aus Baumwollhadern, von den Japanern aus Bambus hergestelltes, weiches, doch festes Papier für Druckarbeiten. S. Papiersorten.

Druckperkal, s. Weberei.

Druckprobe, die in der Regel mit Wasser oder mit Gasen (Luft, Dampf etc.) herbeigeführte Pressung zur Probe der Dichtigkeit und Haltbarkeit von Hohlgefässen. Meistens beträgt der bei der Probe aufgegebene Druck das Doppelte des Betriebsdrucks; s. Dampfkesselbetrieb, Schiffskessel, Einspannvorrichtung für Röhren.

Druckrad, s. v. w. Rändelrad; s. Molettiren.

Druckregler (Druckregulatoren, Reduktionsventile), Vorrichtungen, um gespannte Dämpfe und Flüssigkeiten beim Durchströmen von Gefässen (Röhren) mit beliebig vermindertem Druck zur Wirkung kommen zu lassen.

Druckregler bei Gasfabriken. — Sobald Gas aus dem Rohrnetze eines Beleuchtungsgebietes entnommen wird, tritt Bewegung ein, zu deren Unterhaltung, sowie zur Ueberwindung der durch sie veranlassten Reibungsverluste an den Rohrwandungen ein Teil des ursächlich des wechselnden Verbrauches sehr schwankenden am Eingange des Hauptrohres vorhandenen Druckes absorbirt wird. Dieser Druckverlust muss durch den Druckregler so ausgeglichen werden, dass dieser, dem Verlust entsprechend, den Druck am Eingangsrohr des Stadtrohrnetzes verstärkt. — Das den Reglern zu Grunde liegende Prinzip benützt die Thatsache, dass ein vom Gase getragener Körper nur in jener Gleichgewichtsstellung zur Ruhe kommt, bei welcher der Auftrieb des Gases dem Gewicht des zu tragenden Körpers genau entspricht. Denkt man sich die in ein mit Wasser gefülltes Gefäss eintauchende Glocke *a* (Fig. 1), an der ein in ringförmiger Oeffnung des Eingangsrohrs spielender Kegel *b* aufgehängt ist, so wird ein Gleichgewichtszustand eintreten, sobald das von der Glocke zu tragende Gewicht gleich dem Druck des unter ihr befindlichen Gases ist. Vermehrt sich die Gasabgabe, so sinkt infolge des verminderten Gegendruckes die Glocke und mit ihr das Kegelventil, wodurch die Oeffnung am Eingangsrohr sich vergrössert und mehr Gas in die Glocke einströmt, bis wieder der Gleichgewichtszustand eingetreten ist. Vermindert sich die Gasabgabe, so findet das Umgekehrte statt: die Glocke hebt sich und der Ventildurchgang wird verkleinert. Für alle Druckschwankungen innerhalb der Grenzen, für welche der Regler konstruirt ist, dient das Gewicht der Glocke als selbstthätiger Ausgleich, und man hat es daher in der Hand, durch Belastung der Glocke den Druck innerhalb gewisser Grenzen beliebig einzustellen und möglichst konstant zu erhalten. — Statt der in eine Flüssigkeit tauchenden Glocke kann man auch eine an ihrem Umfange festgehaltene Membrane benützen, an welcher der Ventilkegel befestigt ist; darnach unterscheidet man nasse und trockene oder Membranregler. Als Stadtdruckregler finden nur die ersteren Anwendung. Bei diesen unterscheidet man solche mit Gewichts- und solche mit Wasserbelastung. Bei der Wasserbelastung trägt die Glocke ein Wassergefäss, welches bis zu einer dem verlangten Drucke entsprechenden Höhe mit Wasser gefüllt wird. Die Wasserbelastung hat vor der Gewichtsbelastung den Vorteil, dass die Erhöhung und Verminderung des Druckes allmälich und nicht stossweise vor sich geht.

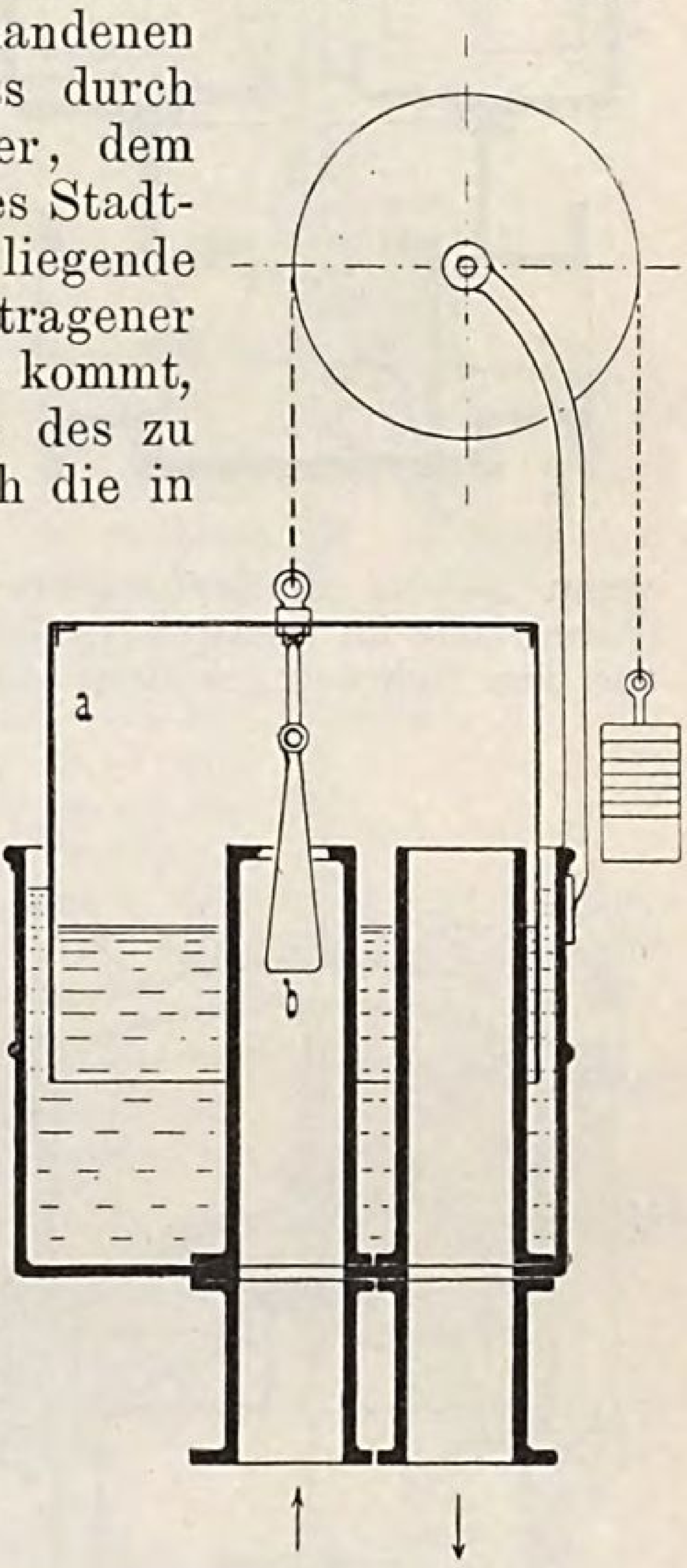


Fig 1.

Die in Fig. 1 gegebene Anordnung für nasse Stadtdruckregler hat grosse Mängel, die einmal darin bestehen, dass ausser dem Ausgangsdruck der gegen die untere Fläche des Ventils wirkende, stark schwankende Eingangsdruck den Apparat beeinflusst, sowie ferner, dass infolge der Verschiedenheit der Eintauchung der Glocke deren Gewicht sich ändert. Diese Fehler suchte man dadurch zu beseitigen, dass man den Eingangsdruck auch auf eine der Ventilkegelfläche gleich grosse Fläche in entgegengesetzter Richtung wirken lässt, und dass man die Glocke mit dem daran hängenden Ventilkegel durch einen an ihrem unteren Rande angebrachten Luftkasten so balancirt, dass sie gerade schwimmt, wenn sie bis zu ihrem

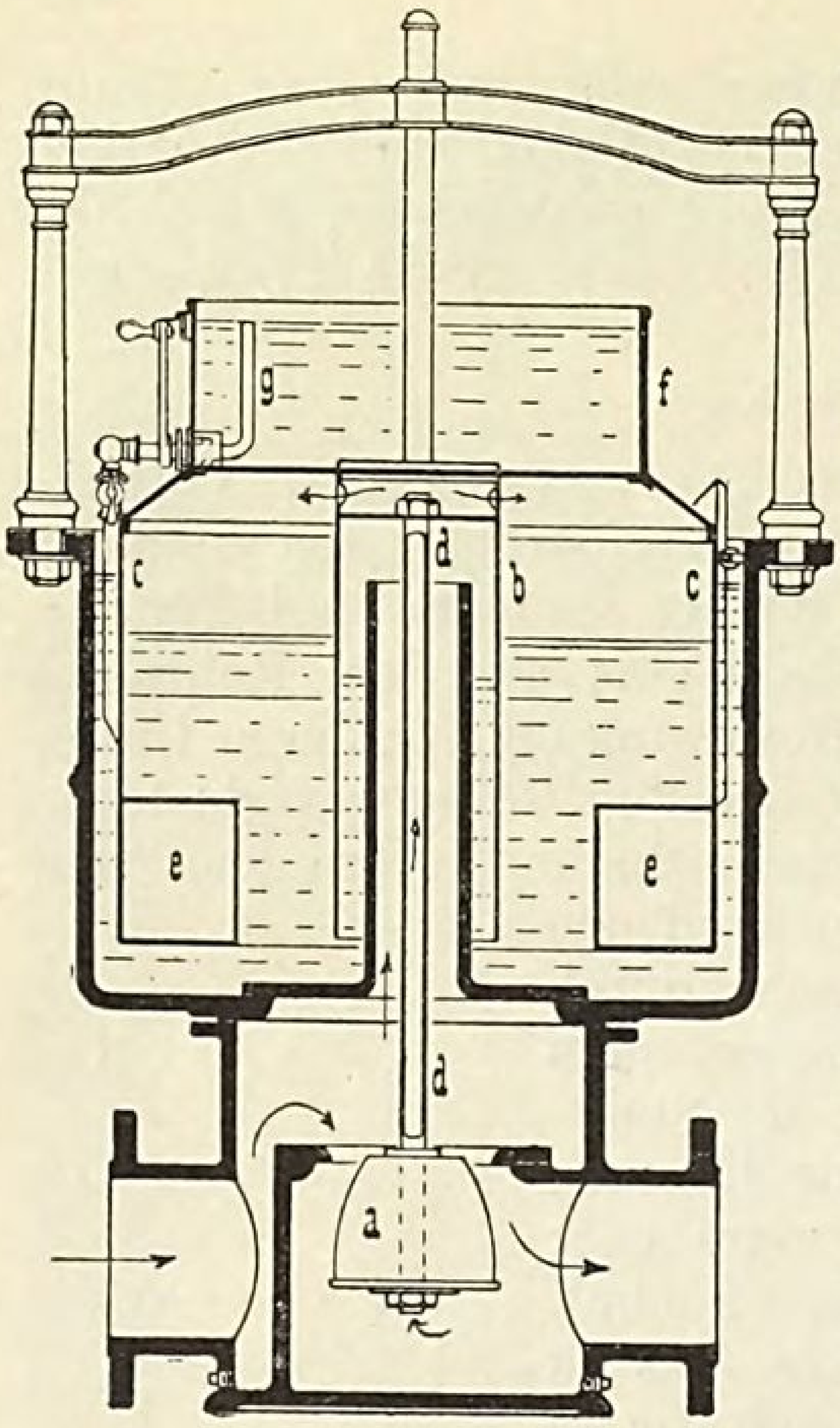


Fig. 2.

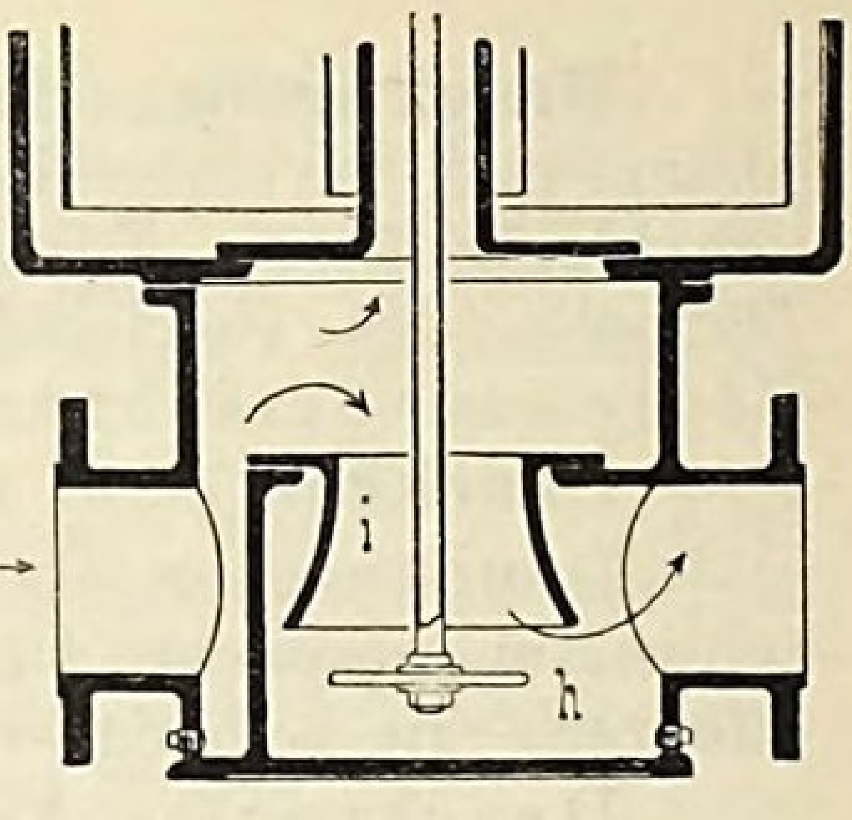


Fig. 3

oberen Rande eintaucht. — Giroud war der erste, welchem in den Jahren 1872 und 1873 die Beseitigung dieser Fehler gelang. Bei seiner Anordnung trifft der Eingangsdruck die obere Projektion des Kegelventils und gelangt gleichzeitig in einen Cylinder, dessen Weite genau dieser Projektion entspricht und der fest und konzentrisch mit der Schwimmglocke verbunden ist. Zur Ausgleichung des Einflusses der Tauchung wendet Giroud zwei seitlich an der Glocke befestigte, ausserhalb des Reglergehäuses liegende Ausgleichssiphons an, welche zusammen genau den Querschnitt des in das Wasser eintauchenden Bleches der Glocke haben und mit dem Wasser des Gehäuses kommuniziren. Beim Sinken der Glocke tritt die verdrängte Wassermenge in die Siphons und fliesst beim Steigen in das Gefäss zurück. — Fig. 2 zeigt die jetzt gebräuchliche Anordnung. Ueber dem parabolischen Kegel *a* und unter der Ausgleichsglocke *b* wirkt der Eingangsdruck unter dem Kegel und durch die hohle Ventilstange *d* auch unter der Schwimmglocke *e* dagegen der Ausgangsdruck, der einzig und allein die Bewegungen der letzteren beeinflusst, indem er den Auftrieb gibt. Der Schwimmer *e* ist so konstruirt, dass die Glocke zu schwimmen beginnt, wenn sie bis zu ihrem oberen Rande taucht. Ist der Regler auf irgend einen, von der Wasserhöhe im Belastungsgefäss *f* abhängigen Druck eingestellt und wächst die Gasentnahme aus dem Rohrnetz, so tritt am Ausgang eine Druckverminderung ein, und die Glocke sinkt mit dem Kegel, wobei sich der Durchflussquerschnitt vergrössert. Das Umgekehrte tritt ein bei Verringerung des Gasverbrauches.

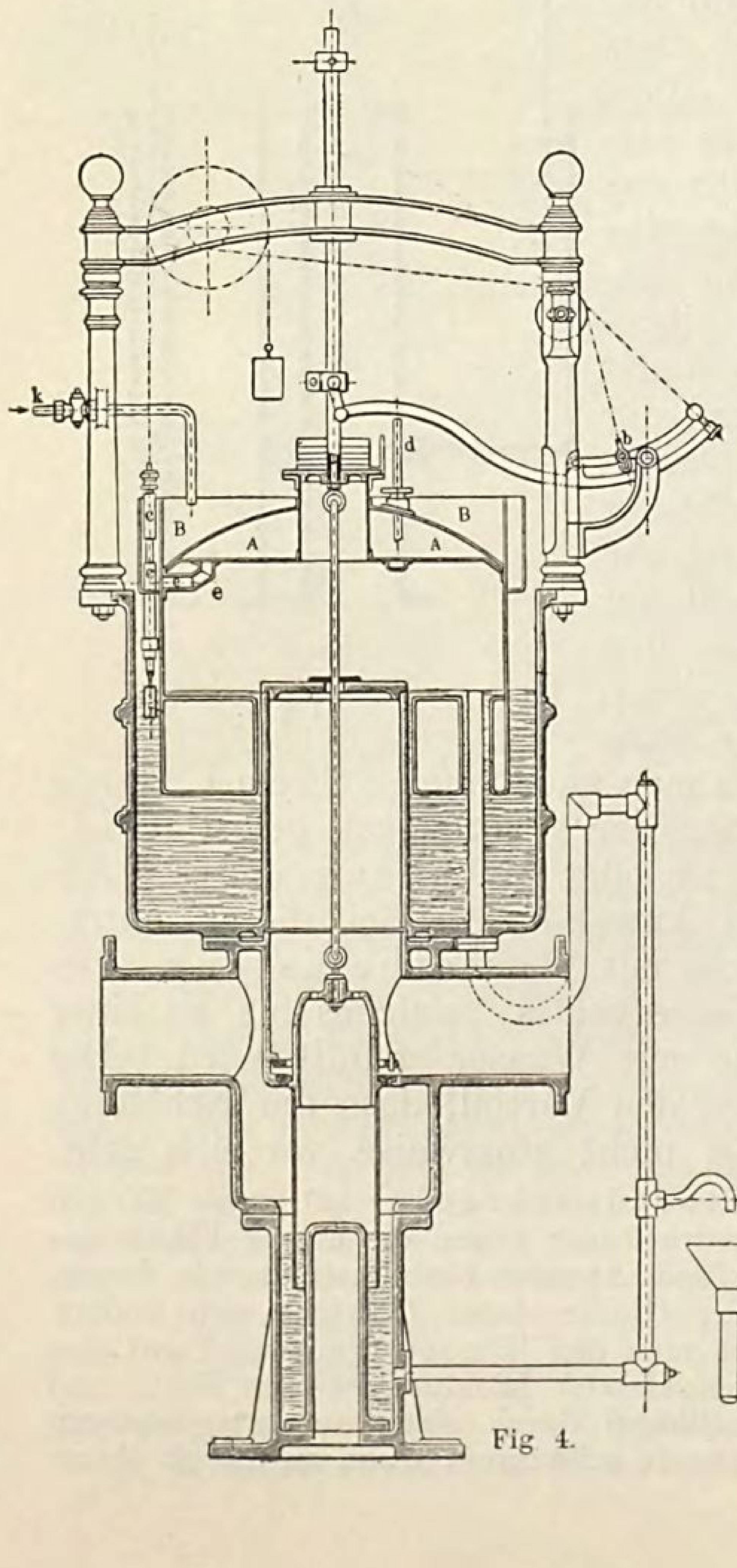


Fig 4.

Aber auch diese Konstruktion besitzt eine von den angewendeten Kegelventilen herrührende Unvollkommenheit: der Ausgleich des Eingangsdruckes durch die Ausgleichglocke *b* findet nur nahe der Abschlussstellung des Kegels vollkommen statt, weil die Grösse der gedrückten Kegelfläche zwischen der höchsten und der tiefsten Stellung schwankt. Elster gelang es 1888, eine vollkommene Ausgleichung zu konstruiren, indem er eine Kreisscheibe *h* (s. Fig. 3) anordnete, die sich in einem mit dem Gehäuse fest verbundenen Hohlkegel *i* bewegt und in jeder Stellung dieselbe Druckfläche bietet. — Das Druckgeben, d. i. die Belastung der Schwimmglocke geschieht entweder durch Auflegen von Gewichtsplatten oder durch Füllung eines mit der Glocke verbundenen Gefässes mit Wasser.

In Fig. 2 ist die Elster'sche Regulirvorrichtung der Wasserbelastung gezeichnet, welche aus einem rechtwinkelig gebogenen Ueberlaufrohr *g* besteht, das um den in der Wand des Belastungsgefässes gelagerten kurzen Schenkel von der horizontalen bis zur vertikalen Stellung verstellbar ist. Der Zeiger einer auf dem horizontalen Schenkel des Rohrs ausserhalb des Gefässes angebrachten Griffkurbel spielt auf einer Skala, welche den Druck für verschiedene Ueberlaufshöhen angibt. Am Ende desselben Schenkels befindet sich ein Kegelventil, durch dessen ebenfalls an einer Skala ablesbare Stellung man es in der Hand hat, das Ablaufen des Wassers von der einen zur anderen Druckhöhe in einer beliebigen Zeit stattfinden zu lassen.

Schirmer, Richter & Cie. wenden ein Ueberlaufrohr an, welches, je nachdem der Druck verstärkt oder vermindert werden soll, mittelst Rädchen, dessen halbe Drehung einer Druckdifferenz von 1 mm entspricht, und Zahnstange gehoben und gesenkt werden kann; die Auslaufzeit wird durch einen Mikrometerauslaufhahnen geregelt.

Die meisten der darauf hinzielenden Konstruktionen, auch den täglich eintretenden Wechsel des Druckes durch den Apparat selbstthätig besorgen zu lassen, haben wegen ihrer Komplizirtheit in der Praxis keinen Eingang gefunden; nur die Anordnungen von Gareis, Elster und Ledig sind in jüngster Zeit in einigen Fällen angewendet.

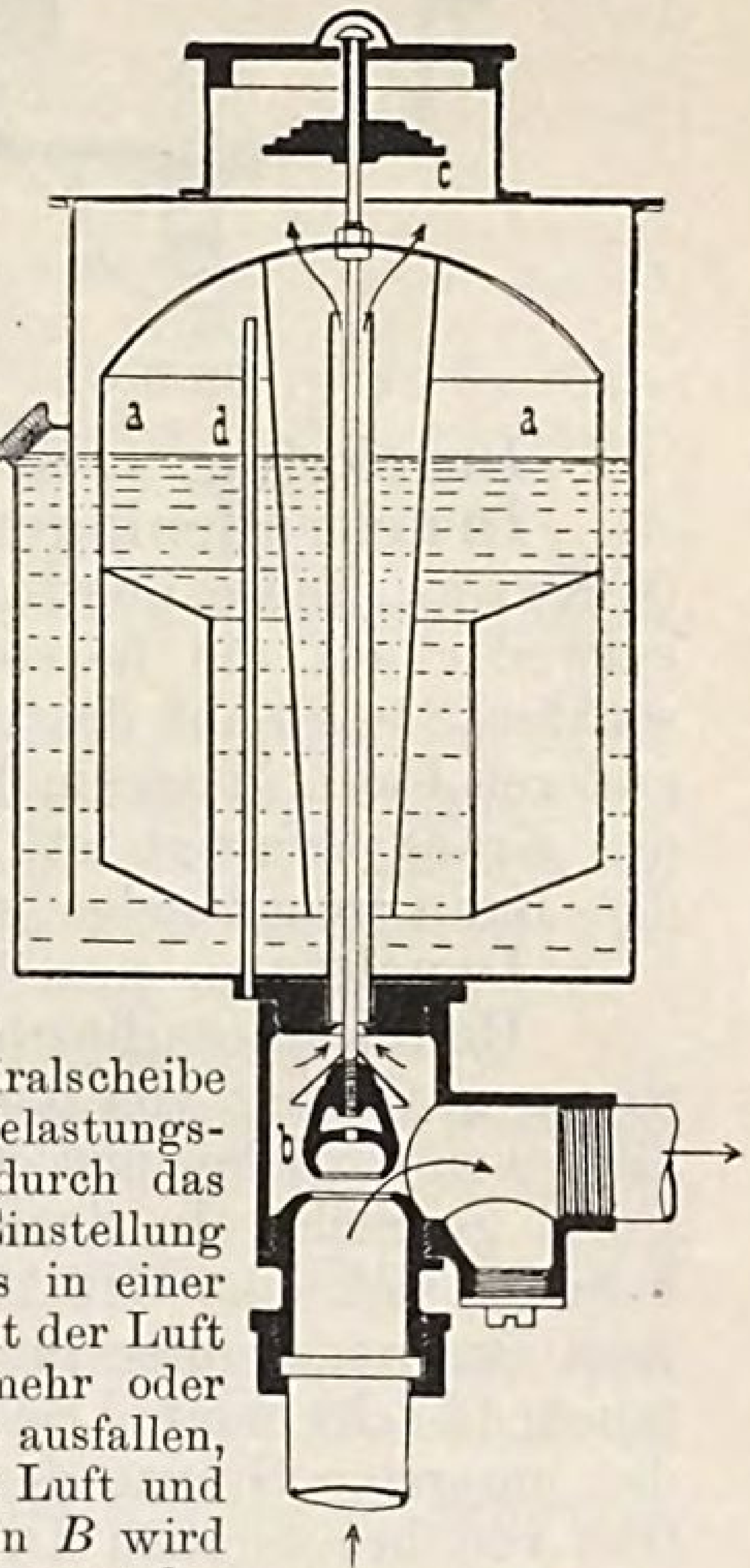


Fig. 5.

Bei dem Gareis'schen Regler erfolgt die Belastung durch Wasser, welches aus besonderen, seitlich am Gehäuse angebrachten Kammern mittelst eines Heberrohres dem Belastungsgefäss der Glocke zugeführt oder aus diesem abgeführt wird. Statt des Kegels ist ein Doppelsitzventil durch eine Hebelkombination und eine verstellbare Coulisse mit der Glocke verbunden. Elster befestigt an der Führungsglocke ein Stahlband, das über eine Rolle nach einem Seilrade geführt und die Bewegung der Glocke auf dieses überträgt. Auf der Axe des Seilrades sitzt eine Spiralscheibe, an der das Ende eines zweiten Stahlbandes befestigt ist, welches andererseits mit dem Ueberlaufrohr der Wasserbelastung verbunden ist und dieses je nach Stellung der Spiralscheibe hebt oder senkt. — Bei Ledigs Regler, Fig. 4, besteht das Belastungsgefäss aus dem offenen Hauptgefäss *B* und dem mit diesem durch das Rohr *e* verbundenen geschlossenen Gefäss *A*, welch letzteres zur Einstellung des Abendzuschussdruckes dient, indem durch die Stellung des in einer Stopfbüchse verschiebbaren Rohres, welches das Innere von *A* mit der Luft verbindet, die Füllung von *A* bedingt wird. Je nachdem *d* mehr oder weniger tief steht, wird der Zuschussdruck grösser oder kleiner ausfallen, da der Wasserabschluss des Rohres ein weiteres Entweichen von Luft und somit eine weitere Wasserfüllung verhindert. Die Füllungshöhe in *B* wird durch das seitlich angebrachte Ueberlaufrohr *c* geregelt. Die Bewegung der Glocke wird durch Hebel auf eine seitlich angebrachte Coulisse übertragen, die durch über Rollen geführte Stahlbänder mit dem Ueberlaufrohr *c* verbunden ist. Je nach Stellung des Coulissensteines wird sich das Gefäss *B* langsamer oder rascher füllen bis zu der der Stellung des Ueberlaufrohres entsprechenden Höhe.

Für Gasmotoren ist es wichtig, um ein Zucken der Flammen in der Nachbarschaft zu verhüten, den Gasdruck auf 3—4 mm vor dem Gummibeutel des Motors konstant zu erhalten, wozu der Regler von Schaeffer & Oehlmann, Fig. 5, dient.

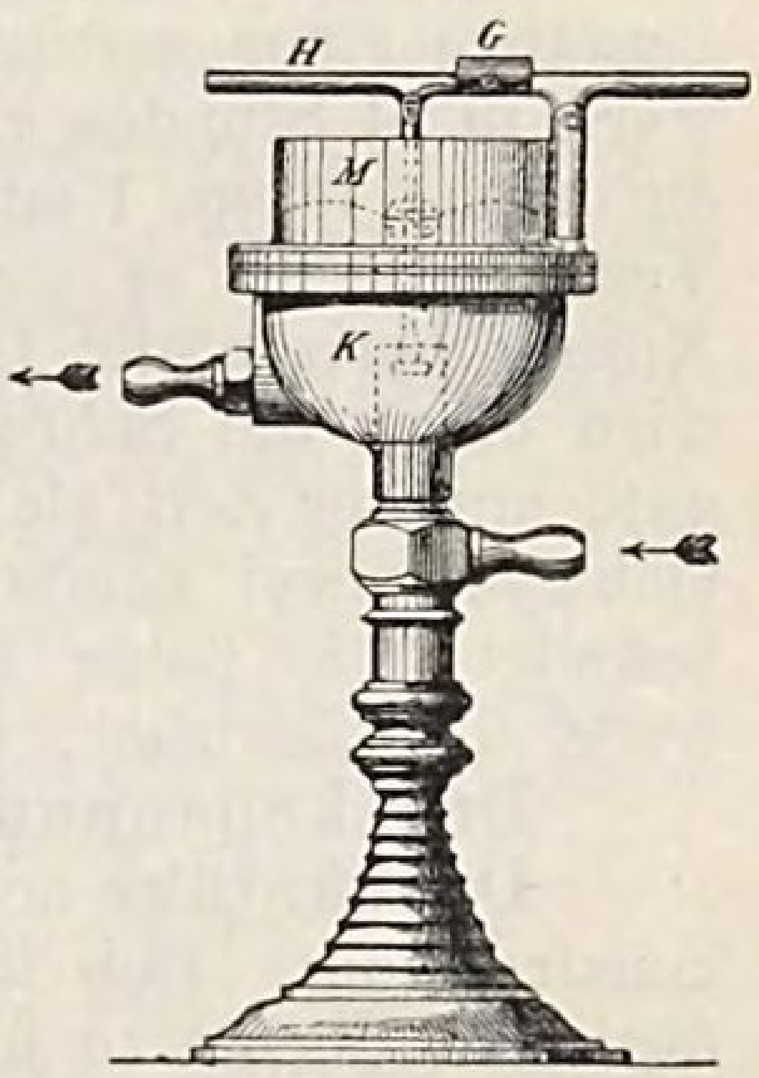


Fig. 6.

In einem Blechgefäss befindet sich die Schwimmerglocke *a*, deren Führungsstange unten das Ventil *b* und oben einen Plattenhalter *c* zur Aufnahme der Belastungsgewichte trägt. Das im Ausgangsrohr befindliche Gas kommunizirt mit dem Raume über der Glocke durch in deren Decke angebrachte Oeffnungen, so dass, wenn sich der Ausgangsdruck erhöht, die Glocke sinkt und den Durchgangsquerschnitt des Ventils verengt, bis der durch die Ventile eingestellte Druck sich wieder hergestellt hat. Das Luftrohr *d* verbindet den Raum unter der Glocke mit der Luft und trägt am unteren Ende eine keilförmig abgeschrägte Schraube, nach deren Stellung die Schwimmerglocke rascher oder langsamer den Druckschwankungen folgt.

Zur Konstanthaltung des Druckes in den Hausleitungen werden nasse Regler nach den in Fig. 1 u. 2 dargestellten Konstruktionen, nur in kleineren Dimensionen, angewendet, vielfach auch Membranregler verschiedenartiger Konstruktionen, deren Prinzip darin besteht, dass an einer ringsum im Gehäuse festgespannten gasdichten Membrane, die in der Mitte eine Metallplatte trägt, ein Ventilkegel oder eine Ventilplatte hängt. Die Belastung erfolgt durch auf die Platte der Membrane aufgelegte Bleiringe.

Fig. 6 zeigt einen Elster'schen Experimentirregler für photometrische Zwecke, um den Druck unter dem zu prüfenden Brenner konstant zu erhalten. Durch Verschieben des Gewichtes *g* auf dem Hebel *H* kann der unter der Membrane *M*, an welcher das Kegelventil *K* hängt, beliebig eingestellt werden.

Die Hochdruckreduktionsregler werden angewendet, um den Druck des auf mehrere Atmosphären komprimirten Gases, wie z. B. bei der Eisenbahnwaggonbeleuchtung auf ein für die Beleuchtung geeignetes Mass zu vermindern.

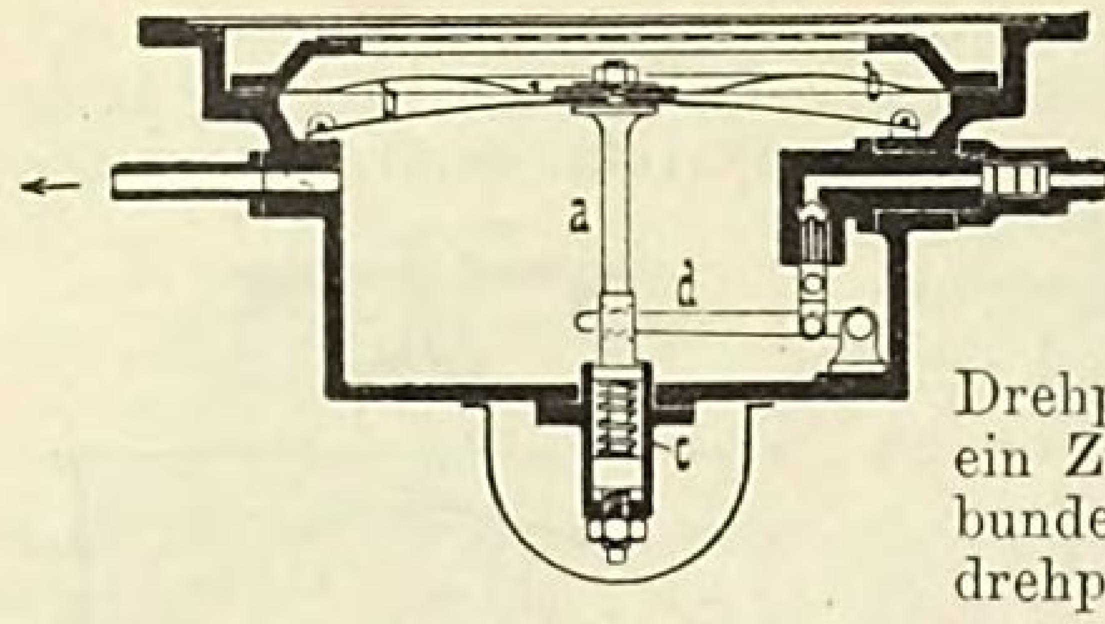


Fig. 7.

Bei der üblichen Anordnung, Fig. 7, ist eine zentral geführte Spindel *a* einerseits mit einer fest eingespannten, durch eine an den Enden lose gelagerte Feder belasteten Membrane *b* verbunden und andererseits durch eine von aussen verstellbare Feder *c* entlastet. Ein Hebel *d* mit von aussen verstellbarem Drehpunkt greift in einen Schlitz der Spindel und ist durch ein Zwischengelenk mit dem Ventil im Gaseingangskanal verbunden. Durch Spannung der Feder *c* und Stellung des Hebeldrehpunktes ist jeder beliebige Ausgangsdruck einstellbar.

Ueber Druckregler für Dampf- und Wasserleitungen s. d. Art. Druckverminderungsventile. *G. F. Schaar.*

Druckring, s. Schiffswelle.

Druckrollenlager, Lager zur Aufnahme der Druckrollen für Drehkrane (s. Kran). Diese übertragen den vom Kranauslader ausgeübten Horizontaldruck entweder auf die feststehende Kransäule oder (bei Fairbairnkranen mit versenkter Säule) auf das den Kran umgebende Mauerwerk. Die Lager sind im ersteren Falle in einem besonderen Rollenkasten, welcher zwischen den Schilden des Krans befestigt ist, im letzteren entweder am Kran selbst oder in einem den Kran umgebenden gusseisernen Kasten angebracht (s. auch Auflager).

Drucksatz, s. v. w. gekuppelte Druckpumpen; s. Pumpen.

Druckschreibapparate in Gasfabriken verzeichnen den Gasdruck selbstthätig in Gestalt von Kurven auf Papierstreifen. Erfunden wurde dieser Apparat 1824 von Croseley und ist inzwischen von Ochwadt, Thorp u. a. in kompendiöse Form gebracht. In einem bis zu bestimmter Höhe mit Wasser gefüllten Behälter befindet sich eine Glocke, welche durch einen Schwimmkasten derart balancirt, dass sie, wenn unter ihr kein Druck vorhanden ist, bis zum oberen Rande eintauchend schwimmt. Soll der Apparat auch Minusdruck anzeigen, so muss bei der untersten Grenze des Druckes die Glocke bis zum Rande eintauchen. Tritt Gas von bestimmtem Druck unter die Glocke, so steigt sie soweit, bis zwischen dem Druck und dem vermehrten Glockengewicht Gleichgewicht eingetreten ist, und da die Gewichtszunahme der Glocke mit der Steigung in geradem Verhältnis steht, so gibt letztere einen Massstab für den Druck. Die Glocke trägt einen Stift, der an seinem Ende mit einer Schreibvorrichtung versehen ist, die auf dem Umfange einer vertikalen cylindrischen Trommel spielt, welche durch ein Uhrwerk in 24 Stunden einmal um ihre Axe gedreht wird. Um diese Trommel wird ein genau ihrem Umfange entsprechender Papierstreifen gelegt, welcher durch Vertikalstriche in genau 24 Teile, die Stunden darstellend, geteilt ist; eine Anzahl horizontaler Linien bezeichnet bestimmte Pressungen. Auf diesem Papier wird durch die Schreibvorrichtung in fortlaufender Kurve der Druck als Ordinate mit der Zeit als Abszisse selbstthätig verzeichnet. Statt der Glocke wendet Ochwadt zwei kommunizirende Gefässe an, in welchen sich je ein Schwimmer befindet, die beide mit einander verbunden sind. Auf den einen Schwimmer wirkt der Gasdruck, während der andere den Stift der Schreibvorrichtung trägt.

Druckspannung, s. Druck, Druckelastizität. *G. F. Schaar.*

Druckstäbe nennt man die auf Druck beanspruchten Stäbe einer Fachwerkskonstruktion. Bei ihrer Querschnittsbemessung sind die Regeln der Knickfestigkeit (s. d.) zu berücksichtigen.

Ist P die vom Stabe aufzunehmende Druckkraft, F seine Querschnittsfläche, s_k die zulässige Inanspruchnahme mit Rücksicht auf Knickung, welche stets kleiner als die zulässige Druckinanspruchnahme s ist, so hat man $P = F \cdot s_k$. Zur Festsetzung von s_k stehen hauptsächlich zwei Formeln in Anwendung:

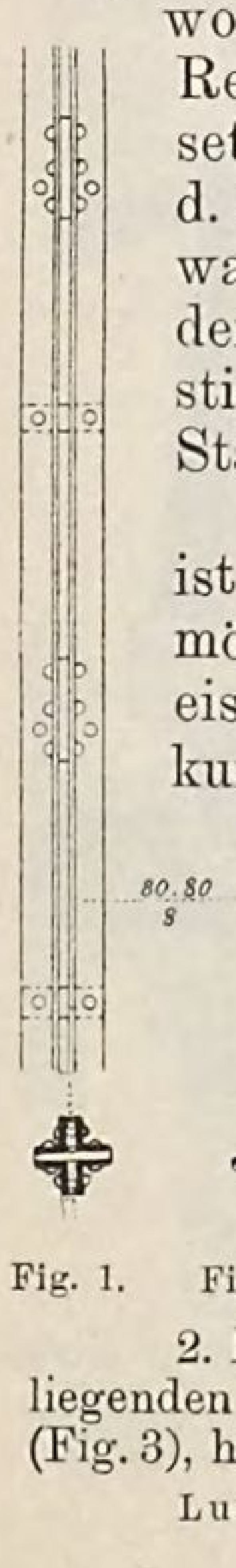
1. Die empirische Navier'sche (auch nach Schwarz oder Rankine benannte) Formel: $s_k = s : \left(1 + \alpha \frac{F l^2}{J}\right)$, worin J das kleinste Trägheitsmoment des Stabquerschnitts l die freie Knicklänge des Stabes bezeichnet und für Schmiedeeisen gewöhnlich $\alpha = 0{,}0001$ gesetzt wird. Für genietete Fachwerkträger kann wegen der teilweisen Einspannung der Stabenden bei der zwischen den idealen Knotenpunkten gemessenen Länge l_1 des Stabes die freie Knicklänge für das Ausknicken in der Tragwandebene $l = 0{,}7\, l_1$ angenommen werden, wogegen es sich hinsichtlich des Ausknickens senkrecht zur Trägerebene empfiehlt, die ganze Stablänge als Knicklänge einzuführen.

2. Die sogen. theoretische oder Euler'sche Knickfestigkeitsformel, nach welcher $s_k = \frac{\pi^2 E}{\beta} \frac{J}{F l^2} \cdot s$ zu wählen ist, wenn unter E der Elastizitätskoefficient und unter β die Druckfestigkeit des

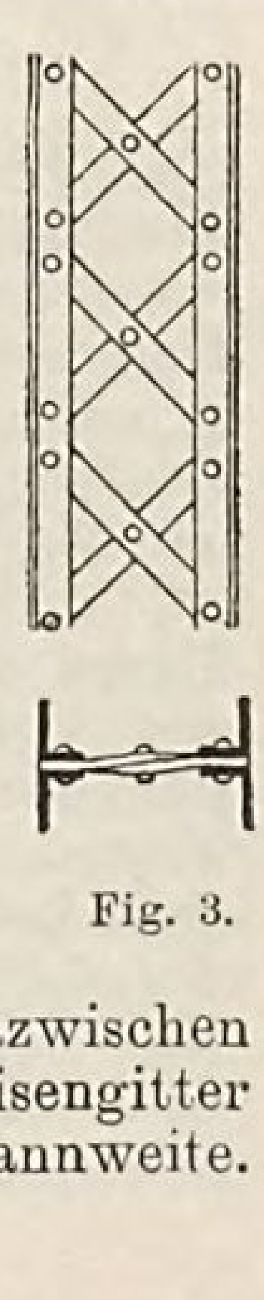
Materials verstanden wird. Hinsichtlich der Knicklänge l gilt das oben Bemerkte. Wird der Druckstab ungefähr in seiner Mitte von einem Zugstabe gekreuzt und ist er mit diesem verbunden, so wird bei entsprechend kräftig gespanntem Zugstabe das Tragvermögen der Druckstrebe beträchtlich erhöht, und kann diesem Umstande dadurch Rechnung getragen werden, dass die freie Knicklänge vermindert angenommen und etwa gleich der halben Stablänge gesetzt wird. Eingehendere theoretische Untersuchungen hierüber in [1] und insbesondere [2].

Die direkte Ermittelung der notwendigen Querschnittsfläche eines Druckstabes hat sowohl bei Zugrundelegung der Formel 1 wie der Formel 2 seine Schwierigkeit, da in diesen Formeln nebst der Fläche F auch das Trägheitsmoment J erscheint. Eine direkte Auflösung wird jedoch möglich, wenn man nach dem Vorgange Asimonts $J = \delta \, . \, F^2$ setzt, worin δ ein Koefficient ist, der wesentlich von der Querschnittsform, nicht aber von der Grösse des Querschnitts abhängt. Mit Benützung der Navier'schen Formel erhält man alsdann $F = \frac{P}{s}\left[\frac{1}{2} + \sqrt{\frac{1}{4} + \frac{\alpha s l^2}{\delta P}}\right]$. Die Koefficienten δ haben Steiner [3] und Thullie [4] für die üblichen Querschnittsformen der Druckstäbe berechnet.

Die Versuche über Knickungsfestigkeit, welche zuerst in grösserem Massstabe von amerikanischen Ingenieuren [5], [6] angestellt, dann aber namentlich von Bauschinger [7], Considère [8] und Tetmajer [9] durchgeführt wurden, haben deutlich erwiesen, dass die empirische (Navier'sche) Formel mit den Versuchsergebnissen keine befriedigende Uebereinstimmung zeigt, wenn, wie üblich, der Knickungskoefficient α für alle Stäbe gleich gross angenommen wird. Dagegen kann die theoretische (Euler'sche) Knickfestigkeitsformel als praktisch zutreffend angesehen werden, so lange man es mit entsprechend schlanken Stäben zu thun hat, d. i. mit Stäben, für welche das Verhältnis $\frac{F l^2}{J} = \frac{l^2}{r^2}$, unter $r = \sqrt{J:F}$ den kleinsten Trägheitshalbmesser des Strebenquerschnitts verstanden, nicht unter eine gewisse Grenze herabgeht. Nach Tetmajer liegt diese Grenze für Schmiedeeisen bei $\frac{l}{r} > 110$ und wäre entsprechend der Euler'schen Formel für Schweiss- und Flusseisen im Mittel die zulässige Knickungsbeanspruchung zu setzen: $s_k = 5520 \left(\frac{r}{l}\right)^2 s$. Für weniger schlanke Stäbe, nämlich für ein Längenverhältnis $\frac{l}{r} = 15$ bis 110, empfiehlt Tetmajer [10] auf Grund seiner Versuche die Formel $s_k = \left(0{,}82 - 0{,}0032 \frac{l}{r}\right) s$. Dieselbe Formel, nur mit etwas geänderten Koefficienten entwickelt auch Jasinski [2], während ihre theoretische Begründung zuerst von Engesser gegeben wurde [11]. Gegenwärtig stehen für Schmiedeeisenkonstruktionen wohl zumeist diese Formeln von Tetmajer in Anwendung. Alle diese Regeln zur Bestimmung der zulässigen Inanspruchnahme der Druckstäbe setzen aber voraus, dass die Druckkraft in der Axe des Stabes wirkt, d. h. dass der Stab zentrisch belastet ist. Ist diese Bedingung nicht erfüllt, was beispielsweise bei einseitigem oder exzentrischem Strebenanschlusse der Fall ist, so ist die Beanspruchung des Stabes eine bedeutend ungünstigere. Regeln für die Dimensionirung solcher exzentrisch belasteter Stäbe auf Grund von Versuchen stellt Ingenieur Préaudeau auf [12].



Was die Querschnittsformgebung der Druckstäbe betrifft, so ist wegen der Knickungsbeanspruchung bei gegebener Fläche ein möglichst grosses Trägheitsmoment anzustreben. Einfache Walzeisen (L- und ⊥-Eisen) werden nur für geringe Druckkräfte und kurze Längen genügen. Die auf Druck beanspruchten Gitterstäbe eines Fachwerkträgers werden zumeist aus Winkeleisen allein oder in Verbindung mit Flacheisen zusammengesetzt.



Die üblichsten Querschnittsformen, deren Wahl übrigens auch von der Querschnittsform der Gurte abhängt, sind:

1. Der kreuzförmige Querschnitt (Fig. 1) aus vier Winkeleisen, die mit oder ohne Einschubblechen mit einander durch Nietung verbunden sind. Schwache Druckstreben werden zuweilen auch bloss aus zwei Winkeln gebildet (Fig. 2), jedoch ist hier eine gute (nicht zu weite) Vernietung mit Hilfe eingeschobener Flacheisenstücke notwendig.

Fig. 1.

Fig. 2.

Fig. 3.

2. Der I—I-förmige Querschnitt, aus vier Winkeleisen gebildet, mit einem dazwischen liegenden vollen Stehblech oder häufiger bloss mit einer Verbindung durch Flacheisengitter (Fig. 3), häufigst angewendete Ständerkonstruktion für Fachwerkträger von grösserer Spannweite.

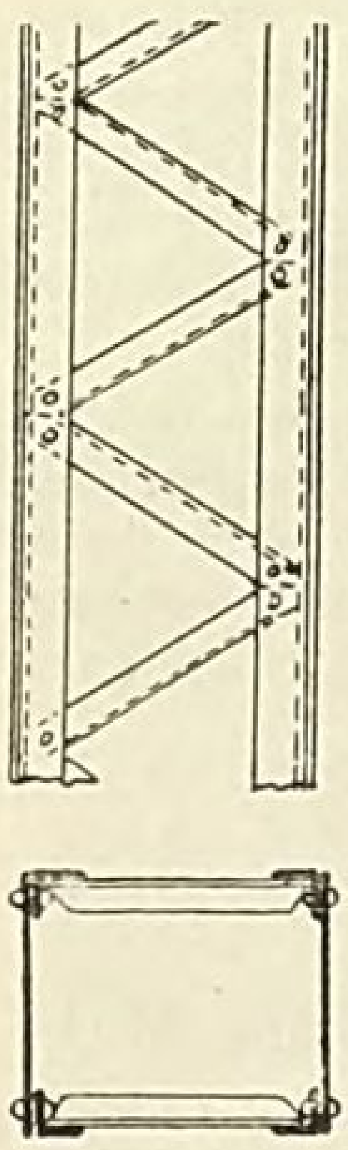


Fig. 4.

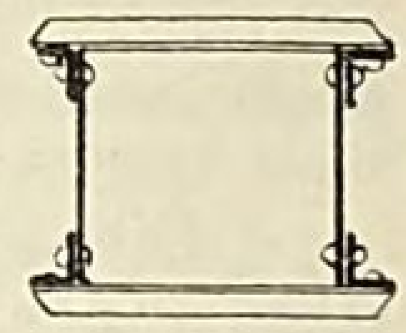


Fig. 4 a.

Um die Knickfestigkeit in der Ebene der Tragwand zu sichern, werden ungleichschenkelige Winkeleisen verwendet oder es wird die Breite durch aufgenietete Flacheisen vergrössert.

3. Der doppelte]-förmige Querschnitt entweder aus zwei Walzeisen oder häufiger aus Blechen und Winkeleisen gebildet (Fig. 4). Die beiden Stabhälften stehen so weit von einander ab, als die Stehbleche der Doppelgurte, an welche sie angeschlossen sind, und sind mit einander wieder durch ein aus Flacheisen oder schwachen Winkeln gebildetes Gitterwerk verbunden. Je nachdem die Befestigung an der Aussen- oder Innenseite der Gurtstehbleche erfolgt, kommt entweder die Form Fig. 4 oder Fig. 4a zur Anwendung.

4. Für grosse Kräfte, wie sie in den Endständern grösserer Fachwerksträger auftreten, kommen dann noch mehr zusammengesetzte ⊢⊣-förmige oder kastenförmige, aus Blechen und Winkeleisen gebildete Querschnitte zur Anwendung (s. Endständer).

5. Wenig üblich sind jetzt die aus Quadrant- oder Sextanteisen zusammengesetzten röhrenförmigen Druckstäbe. Dieselben waren aber in Nordamerika eine Zeit lang eine typische Konstruktion und zwar nach den Ausführungen der Phönixville-Bridge-Co. (Verbindung der Segmenteisen durch Nietung) und der Keystone-Bridge-Co. (Verbindung durch aufgeschobene schwalbenschwanzförmige Nuteisen). Vereinzelte Anwendung hat der aus Blechen gebildete röhrenförmige Querschnitt für die Druckstäbe der Firth-of-Forth-Brücke gefunden.

Litteratur: [1] Fr. Ritter, Ueber die Druckfestigkeit stabförmiger Körper mit besonderer Rücksicht auf die im steifen Fachwerk auftretenden Nebenspannungen, Schweizer. Bauzeitung 1884, Nr. 7—9. — [2] F. Jasinski, Recherches sur la flexion des pièces comprimées, Annales des ponts et chaussées 1894, September; ferner Schweizer. Bauzeitung 1895, S. 15, 24, 88. — [3] Handbuch der Ingen.-Wissensch., Bd. 2, 2. Abt., S. 361. — [4] Wochenschr. d. österr. Ingen.- u. Arch.-Vereins 1890, Nr. 8; 1891, Nr. 2 u. 3; 1892, Nr. 50 u. 51. — [5] Thom. D. Lovett, Report on the progress of work etc. of the Cincinnati-S.-R., Cincinnati 1875; E. Winkler, Civilingen. XXIV. — [6] Transactions of the Am. Soc. of Civ. Eng. 1882; Melan, Wochenschr. d. österr. Ingen.-Vereins 1882, Nr. 14. — [7] Mitteilungen aus dem mechanisch-technischen Laboratorium der k. techn. Hochschule München, Nr. 18, Heft 15, 1877. — [8] Mémoire sur la résistance des pièces comprimées par M. Considère, enthalten in den Comptes rendus du Congrès international des procédés de construction, Paris 1889. — [9] Mitteilungen der Anstalt zur Prüfung von Baumaterialien am eidgen. Polytechnikum in Zürich, Heft 4, S. 144, Zürich 1890. — [10] Schweizer. Bauzeitung 1893, Bd. 22, Nr. 8. — [11] Ueber Knickfestigkeit gerader Stäbe, Zeitschr. d. Arch.- u. Ingen.-Vereins, Hannover 1889 und Zeitschr. d. österr. Ingen.-Vereins 1893. — [12] Annales des ponts et chaussées 1894, Bd. 1, S. 498.

Melan.

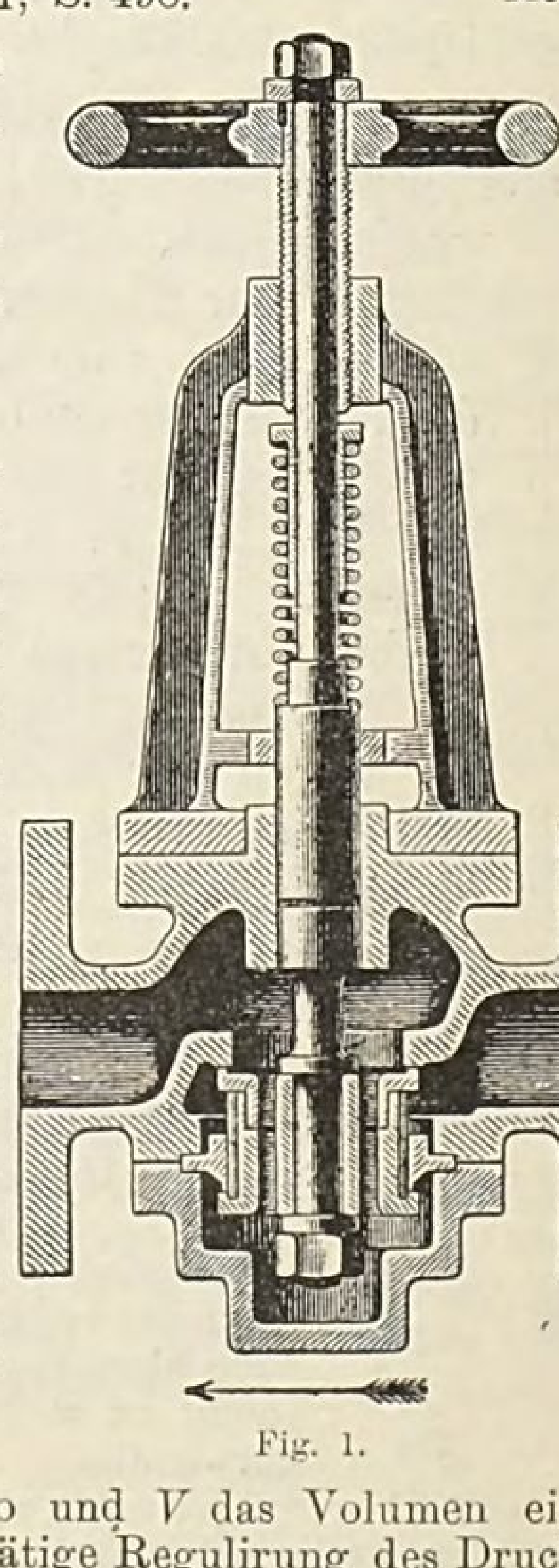


Fig. 1.

Druckständer, bei städtischen Wasserleitungen freistehende Ventilbrunnen (s. d. und Brunnenständer).

Drucktelegraph, s. Telegraph.

Druckventil, das Ventil bei Pumpen und Gebläsen (s. d.), welches sich gegen die Druckleitung hin öffnet und schliesst.

Druckverlusthöhe, s. Druckhöhe.

Druckverminderungsventile haben bei Dampfleitungen die Aufgabe, selbstthätig Dampf von hoher Spannung auf eine gewünschte niedrigere Spannung zu reduziren. So z. B. verwendet man auf modernen Kriegs- und Handelsdampfern für die Hauptmaschine — dreifache Expansionsmaschine — Spannungen von 10—12 Atm., während die Hilfsmaschinen — Compound-Maschinen — nur Dampf von 6 Atm. Spannung bedürfen.

Das Prinzip des Ventils beruht darauf, dass der Dampf beim Durchgang durch dasselbe durch selbstthätige Verengung des Querschnittes gedrosselt wird. Die Druckverminderung wird um so grösser, je grösser die Verengung und je grösser der Dampfverbrauch bei konstantem Druck des zuströmenden Dampfes ist. *Tj. Schwarz.*

Die Grösse des Ventils bestimmt sich demnach aus der Menge des zu reduzirenden Dampfes und dem Grade der Reduktion des Druckes. Bei geringer Druckreduktion ergibt sich eine passende Grösse des beim Maximaldampfverbrauch etwa um ein Viertel seines Gesamtquerschnittes geöffneten Ventils aus der empirischen Formel: $F = 0{,}01 \,.\, Q\,V$, bei grossen Reduktionen: $F = 0{,}007 \,.\, Q\,V$, unter F der Ventilquerschnitt in qcm, Q das Maximalquantum des pro Stunde verbrauchten Dampfes in Kilo und V das Volumen eines Kilo reduzirten Dampfes in Kubikmeter verstanden. Die selbstthätige Regulirung des Druckes erfolgt mittelst Feder- (Membran) oder Gewichtsbelastung (vergl. D. R. P. Nr. 49761, 60054).

Vorzuziehen ist im allgemeinen die Einstellung auf den reduzirten Dampfdruck von Hand. Bei manchen neueren Konstruktionen wird auch ein Absperrventil mit dem Druckreduktionsventil vereinigt, wie aus Fig. 1 S. 466 — Reduzirventil von Schäffer & Budenberg, Buckau-Magdeburg (D. R. P. Nr. 64012) — zu ersehen ist. Die Hohlspindel, auf welcher das Handrad befestigt ist, hat linkes Gewinde, so dass durch Rechtsdrehung (wie bei jedem Absperrventil) der Abschluss erfolgt. Dreht man aus dieser Schlussstellung das Handrad links herum, so kann der Dampfdruck das röhrenförmige Doppelventil öffnen und in der Richtung des Pfeiles durchströmen. Die Spiralfeder ist zunächst gar nicht gespannt, so dass nur ein ganz geringer Dampfdruck durchgelassen wird. Je mehr man nun das Handrad links herum dreht, desto stärker wird die Feder angespannt und mit desto höherer Spannung kann der Dampf durchströmen. Man öffnet das Ventil so weit, bis der gewünschte reduzirte Druck am Manometer angezeigt wird. Nach Entfernung des unteren Flantsches und nach Lösung der oberen und unteren Spindelmutter kann man die sämtlichen inneren Teile zum Reinigen bezw. Nachschleifen herausnehmen. Die Ausführung erfolgt ganz in Rotguss mit gusseisernem unterem Verschlussdeckel und Gusseisenhandrad. Für die Manometeranbringung ist seitlich eine Warze vorgesehen. — Bezugsquellen: Aktiengesellschaft Strube, Magdeburg; Nachtigall & Jacoby, Leipzig; C. W. Julius Blancke & Cie., Merseburg; A. L. G. Dehne, Halle a. S.; Schumann & Cie., Leipzig u. a., auf deren Kataloge wir wegen der Preise und weiterer Konstruktionen verweisen.

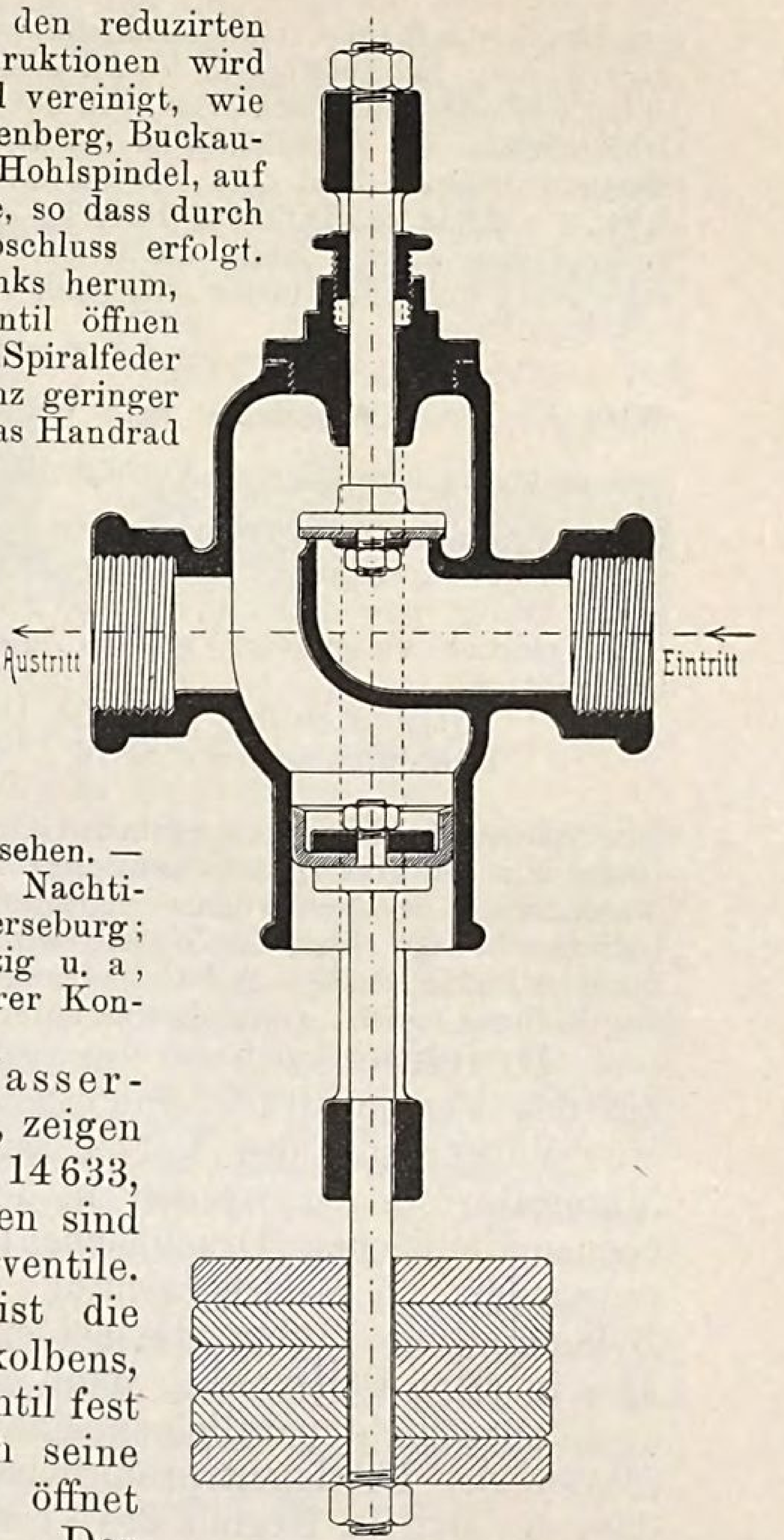


Fig. 2.

Verschiedene Druckreduktionsventile für Wasserleitungen, als Durchgangsventile eingeschaltet, zeigen die D. R. P. Nr. 1173, 2840, 4776, 7769, 9576, 14633, 18666, 35315, 43895, 49761, 51094. Dieselben sind ähnlich oder gleich konstruirt wie Dampfreduzirventile. Eine gute Anordnung ist die Benützung eines Gegenkolbens, der mit dem Abschlussventil fest verbunden ist und durch seine Bewegungen das Ventil öffnet und schliesst. Der Gegenkolben kann sich entweder im Niederdruckraum befinden, wie in Fig. 2, wobei er eine im Verhältnis der Druckverminderung grössere Fläche erhält als das Ventil, oder er befindet sich im Hochdruckraum, wie in Fig. 3; in diesem Falle hat das Abschlussventil die grössere Fläche und wird durch den Niederdruck geschlossen, sobald derselbe eine bestimmte Grösse überschreitet; natürlich findet auch das Oeffnen des Ventils selbstthätig statt, wenn der Druck hinter dem Ventil nachlässt.

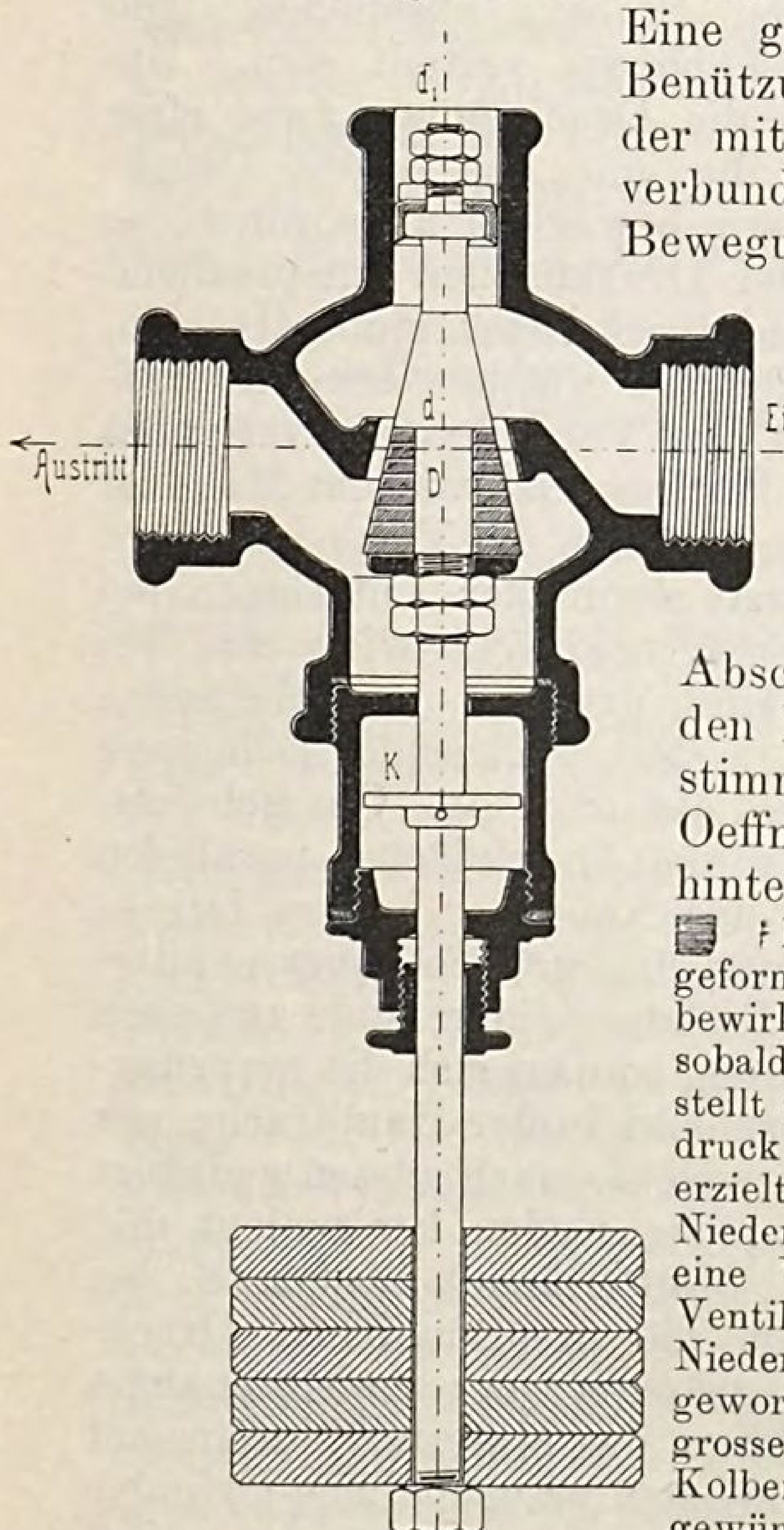


Fig. 3

Bei der Konstruktion in Fig. 3 ist das Abschlussventil konisch geformt, um ein stossfreies Oeffnen und Schliessen des Ventils zu bewirken und einen festen und sicheren Abschluss zu schaffen, sobald der Maximaldruck im Niederdruckraum erreicht ist. Es stellt sich nämlich bei dem Schluss des Konusventils ein Ueberdruck auf der Niederdruckseite her, wodurch ein dichter Abschluss erzielt und ein Ausgleich der Druckspannungen im Hoch- und Niederdruckraum vermieden wird, selbst wenn noch so lange Zeit eine Wasserentnahme aus dem letzteren nicht stattfindet. Das Ventil öffnet sich erst wieder, wenn durch Oeffnen eines Hahns im Niederdruckstrang die Spannung in diesem bedeutend geringer geworden ist. — Diese Konstruktion (D. R. P. Nr. 81865) ist für grosse und kleine Leitungen anwendbar; die Durchmesser des Kolbens und des Ventilkonus berechnen sich mit Rücksicht auf die gewünschte Druckverminderung in folgender, allerdings etwas empirischer Weise, die mit den praktischen Ergebnissen gut übereinstimmt. Soll z. B. in einer Leitung von 25 mm Lichtweite

der Druck von 6 auf 4 Atm. vermindert werden, so wählt man zunächst dem entsprechend $d = 25$, $D = 30$ mm; bei geöffnetem Ventil kann man annehmen, dass die dem mittleren Durchmesser entsprechende Ventilfläche von oben mit 6, von unten mit 4 Atm. Druck belastet ist; der mittlere Durchmesser des Ventilkonus ist $2{,}5 . 3 : 2 = 2{,}75$ cm und die ideelle Druckfläche für den offenen Zustand demnach 5,94 qcm; es ist also der Druck von oben $5{,}94 . 6 = 35{,}64$ und von unten $5{,}94 . 4 = 22{,}56$ kg, Differenz 13,08 kg als Ueberdruck von oben, welcher durch den Gegenkolben ausgeglichen werden muss, damit bei dem Druckverminderungsverhältnis von 6 : 4 das Ventil schwebend und offen bleibt; hiernach bestimmt sich der Durchmesser d_1 des Gegenkolbens aus:

$$\frac{\pi}{4} d_1^2 . 6 = 13{,}08, \qquad d_1 = 1{,}67 \text{ cm}.$$

Wird im Niederdruckstrang kein Wasser entnommen, so schliesst das Ventil vollständig ab und es treten nun folgende Verhältnisse ein: Druck von oben $6 . \left(\frac{\pi}{4} d^2 - \frac{\pi}{4} d_1^2\right) = 16{,}38$ kg; Druck von unten $4 . \pi D^2 : 4 = 28{,}28$ kg; Ueberdruck von unten 11,90 kg. Damit das Ventil sich wieder öffnen kann, muss der Niederdruck auf ein bestimmtes Mass sinken, nämlich auf einen Druck $p = 16{,}38 . 4 : \pi D^2 = 2{,}3$ Atm. Durch Verkleinerung von D wird der Minimalöffnungsdruck vergrössert, ebenso durch Vergrösserung des Durchgangs bei gleichbleibender Conicität.

Preise nach der Liste der Deutschen Wasserwerks-Gesellschaft in Höchst:

Rohrdurchmesser $d =$	13	20	25	30	40	50	65	80 mm
	10	13	19	25	26	36	60	120 Mark.

Die auf der Zeichnung angegebenen Gegengewichte und der Verzögerungskolben K sind in der Regel nur bei grösseren Dimensionen erforderlich. Die Gegengewichte gestatten eine kleine Veränderung des Reduktionsverhältnisses; der Kolben K, der sich in dem mit Wasser gefüllten Cylinder bewegt, lässt das Wasser durch kleine Oeffnungen oder durch einen engen Zwischenraum zwischen Kolben und Cylinderwandung nur langsam von der einen auf die andere Seite des Kolbens treten, wodurch eine zu schnelle Bewegung des Ventils vermieden wird. *Blecken.*

Druckversuch ist eine statische Belastungsprobe, bei welcher die äusseren auf das Versuchsstück einwirkenden Kräfte gegen einander gerichtet sind und eine Verkürzung des Versuchsstückes in der Kraftrichtung anstreben. Bei Materialprüfungen werden in der Regel gerade stabförmige Druckkörper mit ebenen Endflächen (Druckflächen) und rechteckigem oder kreisrundem Querschnitt verwendet. Die Druckrichtung fällt dann mit der Stabaxe zusammen. Die Belastung muss über die beiden Druckflächen gleichmässig verteilt sein. Um dies in allen Fällen auch dann zu erreichen, wenn die Druckflächen zwar eben sind, aber nicht parallel zu einander liegen, wird die eine der beiden Druckplatten der Festigkeitsprobirmaschine in Kugellagern beweglich angeordnet, so dass sie sich zu Beginn des Versuches der Lage der Druckflächen entsprechend selbstthätig einstellen kann. Ebene Druckflächen sind durch Bearbeitung (Hobeln, Drehen oder Schleifen), eventuell nach Abgleichung der Flächen mittelst Auftragung einer hinreichend festen Masse, die sich mit dem Versuchsstück verbindet (s. Bausteine) herzustellen. Das Unterlegen von Platten aus weichem Material (Blei u. s. w.), in die sich die Unebenheiten der Druckflächen des Versuchsstückes eindrücken sollen, ist nicht zulässig, da das Material derartiger Unterlagen bei dichten, harten Druckflächen wie zähflüssige Masse fortgedrückt wird und bei porösen Flächen in die Poren und Vertiefungen eindringt und nun gleichsam ein Zersprengen des Versuchsstückes veranlasst [1]. Mit wachsender Belastung nehmen die Höhe (Axlänge) des Versuchsstückes ab und die Querschnittsabmessungen zu. Versieht man die Oberfläche mit zu den Druckflächen parallelen Ringmarken, so erscheint die Höhenabnahme in der Nähe der beiden Druckflächen grösser als auf halber Höhe, obgleich hier die grösste Querschnittszunahme statthat. Letztere wird nämlich durch die Reibungswiderstände zwischen Probe und Druckplatten an den Enden zurückgehalten, so dass sich die ursprünglichen Grundflächen wenig oder gar nicht verändern und in der Hauptsache nur dadurch zunehmen, dass das Material des Mantels, welches nach aussen gedrängt wird, sich unter Verminderung der Mantelhöhe von den Enden her umlegt und mehr und mehr in die Druckflächen übergeht. Man erkennt dies z. B. bei Cylindern deutlich an der Ringfläche, die sich um die ursprünglichen Druckflächen herum bildet (s. Fig. 5 u. 6). Infolge der grössten Querschnittszunahme auf halber Höhe baucht sich das Versuchsstück, sofern das Material hinreichend formänderungsfähig ist, in der Mitte aus; hierbei nehmen ursprüngliche Cylinder Tonnenform an. Die Belastung, bei welcher diese Ausbauchung stattfindet, heisst Fliess- oder Quetschgrenze. Sie gilt bei den Materialien, die sich, ohne zu

zerbrechen, bis zur Plattenform zusammendrücken lassen, zugleich als Mass für die Druckfestigkeit. Starre Körper zerbrechen schliesslich. Hierbei lösen sich bei normalem Verlauf des Versuches die Mantelflächen würfelförmiger Versuchsstücke als Platten ab, die nach den Druckflächen hin mehr oder weniger scharf auslaufen und in der Mitte stärker sind, so dass zwei mit den Spitzen gegen einander gedrückte Pyramidenstumpfe verbleiben. Bei Druckcylindern bilden sich zwei Kegel, deren Grundfläche den ursprünglichen Druckflächen entsprechen, und ein dazwischen gelegener,

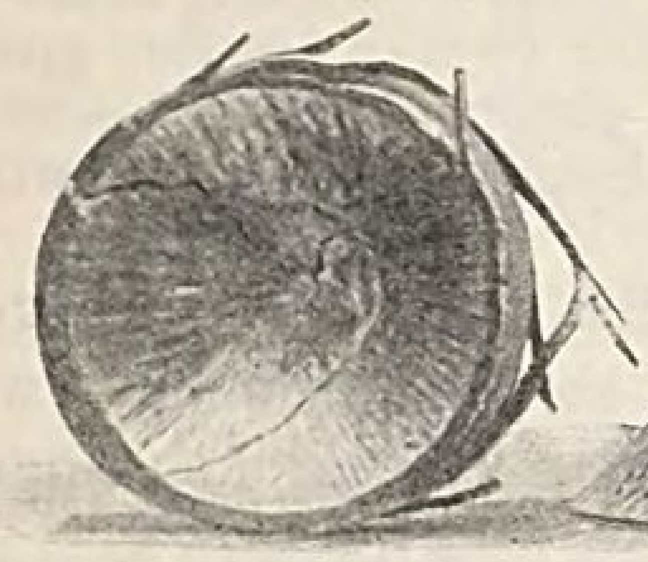
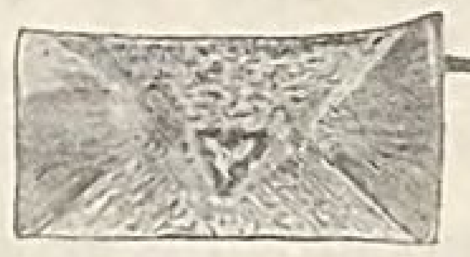
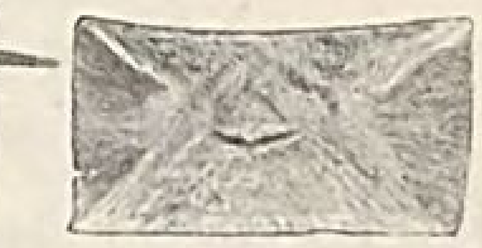

Fig. 1.


Fig. 2.


Fig. 3.


Fig. 4.


Fig. 5.


Fig. 6.

nach innen zugeschärfter Ring, welcher schliesslich zersprengt wird (s. Fig. 3—6). Fig. 2 stellt einen Kegel dar, der sich aus einer Stauchprobe nach deren Bruch als in sich vollständig zusammenhängender Körper herausheben liess.

Die geschilderten Brucherscheinungen veranlassten Coulomb zur Aufstellung seiner Theorie der Druckfestigkeit, nach welcher das Zerdrücken durch Abschieben nach einem Winkel φ erfolgt, wobei die Druckkraft P in zwei Seitenkräfte zerlegt wird, von denen die eine $= P \sin \varphi$ in der Gleitungsebene und die andere $= P \cos \varphi$ senkrecht dazu wirkt. Die erstere wird am kleinsten für $\varphi = 45^0$, so dass die Neigungswinkel der auftretenden Schubflächen nach der Coulomb'schen Theorie gleich 45^0 sein müssten. Die Begründung dafür, dass dies nicht der Fall, hat man in dem von der Beschaffenheit des Materials abhängenden inneren Reibungswiderstande des Materials zu finden gesucht, derart, dass der Neigungswinkel mit dem Reibungswiderstand zunimmt. Nach einer zweiten, neueren Anschauungsweise beruht der Bruch beim Druckversuch auf Ueberwindung des molekularen Zusammenhanges infolge Querdehnung.

Als Widerstandsfähigkeit des Materials gegen Druck wird die Spannung σ an der Quetschgrenze oder beim Bruch berechnet als Quotient aus der beobachteten Belastung P, dividirt durch den ursprünglichen Querschnitt F, angesehen. — Zu beobachten ist ferner die Verkürzung λ bei fortschreitender Belastung für die Länge l; die Verkürzung, bezogen auf die Längeneinheit und auf 1 kg Spannung, ergibt die Dehnungszahl α und deren reciproker Wert den Druck-Elastizitätsmodul E. Es ist also $\sigma = \frac{P}{F}$; $\alpha = \frac{\lambda}{l\sigma}$ und $E = \frac{1}{\alpha} = \frac{l\sigma}{\lambda}$.

Von erheblichem Einfluss auf das Ergebnis des Druckversuches ist das Verhältnis der Länge oder Höhe l zur kleinsten Querschnittsabmessung a des Versuchsstückes und zwar ist die Festigkeit bei demselben Querschnitt um so grösser, je kleiner die Höhe ist. Bei $\frac{l}{a} \geqq 6$ ist die geringere Tragfähigkeit der Probe eine Folge ihres seitlichen Ausknickens; aber auch wenn kein Ausknicken stattfindet und selbst bei Höhen unterhalb der Würfelform herunter bis zur Plattenform macht sich der Einfluss der Höhe geltend, wie Schaubild Fig. 7 zeigt, welches die Druckfestigkeiten von gusseisernen Cylindern von durchweg 20 mm Durchmesser bei verschiedenen Höhen (10—40 mm) darstellt [2].

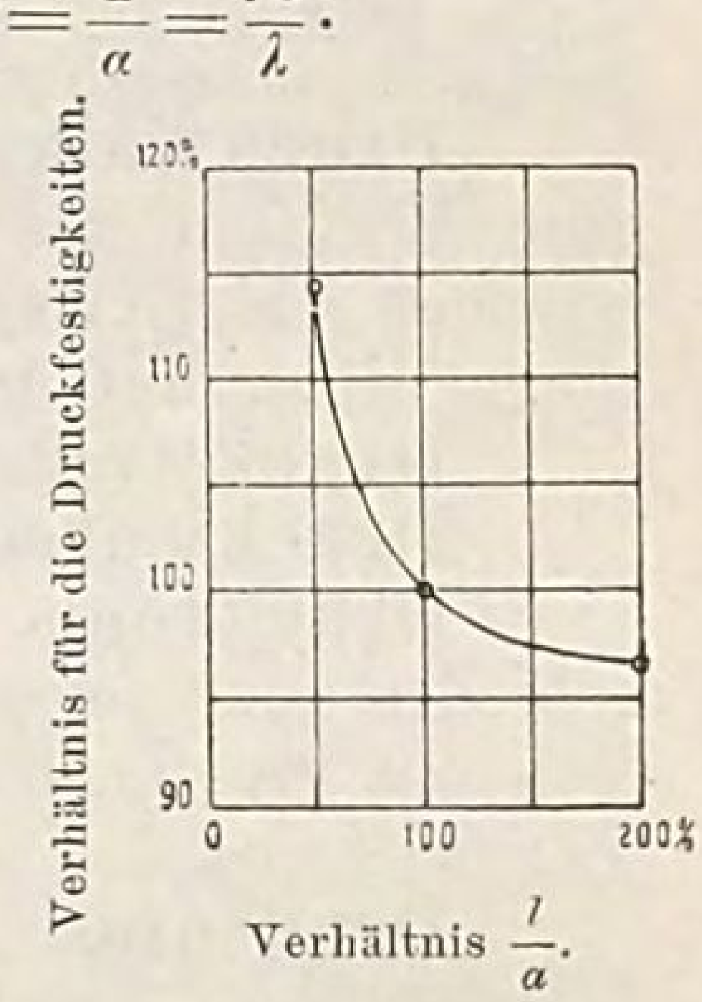


Fig. 7.

Bei Druckversuchen mit Holz in der Richtung der Stammaxe kommt neben der Probenlänge auch der Widerstand in Frage, den die einzelnen aus Herbstholz bestehenden und durch das Frühjahrsholz unter einander verbundenen Platten dem Zerknicken entgegensetzen und welcher dem Trägheitsmoment des Platten- (Jahrrings-) Querschnittes direkt proportional ist. — Die Druckfestigkeit einer von Hirn aus auf Druck beanspruchten Holzprobe ist demnach unter sonst gleichen Verhältnissen um so grösser, je geringer der Krümmungsradius der Jahrringe ist [3]. — In geringem Masse beeinflusst auch die Querschnittsform die Druckfestigkeit des Körpers und zwar erhält man mit würfelförmigen Proben geringere Werte als mit Cylinder, deren Höhe und Durchmesser gleich der Kantenlänge des Würfels sind. Würfel verschiedener Grösse oder allgemein geometrisch ähnliche Körper liefern bei homogenem Material gleiche Druckspannungen, dagegen nimmt die Bruchspannung bei gleicher Höhe und gleicher kleinster Querschnittsseite mit wachsender Grundfläche zu.

Bauschinger leitete aus seinen eigenen Versuchen mit rechtwinkeligen Parallelepipeden und Cylindern aus Sandstein, sowie mit Zementplatten für den Einfluss der Stabform auf die Druckspannung σ die Gleichung ab:

$$\sigma = \left(c + c_1\frac{\sqrt{f}}{h}\right)\sqrt{\frac{\frac{\sqrt{f}}{u}}{4}},$$

wenn f den Querschnitt, u den Umfang des Querschnittes, h die Höhe der Probe und c und c_1 Konstante bedeuten, die von der Natur des Materials abhängig sind. Diese Gleichung schliesst folgende Sätze ein: 1. Prismen (auch Cylinder) von geometrisch ähnlicher Gestalt ergeben gleich grosse Druckspannungen und 2. für Prismen von gleicher Höhe und gleichem Querschnitt ist die Druckspannung dem reciproken Wert der Quadratwurzel des Umfanges des Querschnittes proportional. (Vergl. Bd. 3, S. 453.)

Verkleinert man die eine Druckfläche F eines Würfels durch Abschrägen der angrenzenden Kanten auf f, so erhält man mit einem solchen Körper, wie zu erwarten, eine Druckfestigkeit P_1, welche auf die kleinere Fläche f bezogen $\left(\frac{P_1}{f}\right)$ grösser und auf die grössere Fläche F bezogen $\left(\frac{P_1}{F}\right)$ kleiner ist als die Bruchspannung $\frac{P}{F} = \sigma$ des vollen Würfels, d. h. es ist $\sigma < \frac{P_1}{f} > \frac{P_1}{F}$. Das Abschrägungsverhältnis ist hierbei ohne Einfluss. — Aehnlich liegen die Verhältnisse, wenn man die Druckplatten kleiner wählt als die Druckflächen, so dass letztere die ersteren auf allen vier Seiten um gleich viel überragen. In beiden Fällen erfolgt der Bruch in der Weise, dass sich über den kleineren Druckflächen Kegel bilden, die in das Innere der Probe hineingedrückt werden und diese zersprengen. Im allgemeinen wird die hierzu erforderliche Kraft um so grösser sein, je dicker die zu sprengende Schicht ist; bei Steinproben tritt jedoch dieser Einfluss nicht zu Tage, so dass man bei Anwendung von Druckplatten, welche kleiner als die Druckflächen des Würfels sind, Festigkeiten erhält, die rechnungsmässig nach der obigen Gleichung von Bauschinger den Festigkeiten von solchen Prismen entsprechen, deren Höhe gleich derjenigen des Würfels und deren Grundflächen gleich der Fläche der Druckplatten sind. — Bei ungleichförmig über die Druckflächen verteiltem Druck beginnt der Bruch an den gefährlichsten Stellen, wenn die Druckspannung daselbst den Wert erreicht, bei welchem bei gleichmässig verteilter Belastung der Bruch erfolgt [4], [2]. (Vergl. a. Druckfestigkeit.)

Litteratur: [1] Bauschinger, Mitteilungen aus dem mechanisch-technischen Laboratorium der Technischen Hochschule zu München, Heft 4, S. 3. — [2] Bach, Elastizität und Festigkeit, Berlin 1894, S. 49. — [3] Rudeloff, Mitteilungen aus den technischen Versuchsanstalten zu Berlin, Ergänzungsheft 3, 1889, S. 30. — [4] Bauschingers Mitteilungen, Heft 6. *Rudeloff.*

Druckwalke, auch Kurbelwalke, jene Art der in der Tuchfabrikation zum Verfilzen des Loden verwendeten, Walken genannten, Vorrichtungen, bei welchen die Bewegung von einer Kurbel ausgeht und daher ein Druck statt einem Stoss auf das Gewebe ausgeübt wird. S. Tuchfabrikation.

Druckwalze, s. Flachsspinnerei.

Druckwasser, s. Drängwasser.

Druckzone, bei der städtischen Wasserversorgung die Abgrenzung verschieden hoch gelegener Versorgungsgebiete, in welcher die disponible Druckhöhe sich auf verschiedene Horizonte im Rohrnetze erhebt (vergl. d. Art. Wasserversorgung).

Drudenfuss, auch Hexenfuss oder Pentagramm genannt, ist ein fünfspitziger, durch Verschlingungen erzeugter Stern wie in nebenstehender Figur.



Drücken, Metalldrücken nennt man die Herstellung runder Gefässe und anderer Gegenstände aus Blech auf der Drehbank durch den Druck polirter Drückstühle (s. Blechbearbeitung, Bd. 2, S. 438).

Drummen, s. v. w. Durchlässe (s. d.).

Drummond'sches Licht, Kalklicht, Siderallicht, Knallgaslicht, von Drummond 1826 erfunden, wird erzeugt, indem man die Spitze eines Stiftes aus Kalk oder Zirkonerde vor dem Knallgasgebläse in Weissglut versetzt. Das Licht zeichnet sich durch seine weisse Farbe und grosse Intensität aus und eignet sich zur Beleuchtung des Mikroskops, der Laterna magica, der Leuchttürme u. a., ist aber in den meisten Verwendungen durch das elektrische Bogenlicht verdrängt. *Aug. Schmidt.*

Drusen nennt man diejenigen Hohlräume in Gesteinen, deren Wände mit Mineralien teilweise ausgefüllt sind, derart, dass die Kristalle des zuletzt auskristallisirten Minerales mit ihren Enden sich gegen die Mitte des Hohlraumes richten. Bei vollständiger Erfüllung des Hohlraumes wird die Druse zur Mandel, wenn die Hohlräume Blasen in Eruptivgesteinen darstellen.

Die meisten Drusen sind teilweise ausgefüllte Blasen in ergussförmig erstarrten Eruptivgesteinen (Lava) und ihre Ausfüllung im allgemeinen aus Substanzen bestehend, welche bei der Umwandlung und Zersetzung des Eruptivgesteins gebildet wurden, also Achat, Bergkristall, Kalkspat, Zeolithe u. s. w. Drusen kommen ausserdem noch in Zellendolomiten, Zellenkalken, seltener in Sandsteinen und Schiefern vor. *Leppla.*

Drusenschwarz, s. Rebenschwarz.

Dry diggings, s. Diamantwäscherei.

Dschainistische Bauweise oder Jaina-Architektur, s. Indische Bauweise.

Dschunken, chinesische Segelfahrzeuge von geringem Tiefgang und plumper Bauart.

Dualin, ein Gemenge von Nitroglycerin mit Holzmehl und Salpeter, welches die gleiche Wirkung wie die Sprenggelatine zeigt.

Dualismus der Bewegung. Ein ebenes Gebilde Σ_1 oder auch, allgemeiner aufgefasst, eine Ebene Σ_1 mit allen Punkten, Geraden, Kurven, Winkeln u. s. w., die sie enthält, bewege sich in einer andern Ebene Σ_2. Ihre Bewegung besteht darin, dass die Punkte A_1, B_1, $C_1 \ldots$ von Σ nach und nach mit immer anderen Punkten $A_2, B_2, C_2, \ldots; A_2', B_2', C_2' \ldots; A_2'', B_2'', C_2'' \ldots$ u. s. w. von Σ_1 in kontinuirlicher Folge zusammentreffen. Aber während dieses Vorgangs treffen auch die Punkte von Σ_2 mit immer anderen Punkten von Σ_1 zusammen, d. h. während sich Σ_1 in Σ_2 bewegt, bewegt sich auch Σ_2 zugleich in Σ_1. Beide Bewegungen bestimmen einander gegenseitig so, dass mit der einen zugleich die andere gegeben ist. Sie sind aber im allgemeinen von einander sehr wesentlich verschieden. Man sieht hieraus, dass der Begriff der Bewegung überhaupt ein relativer Begriff ist und dass von Bewegung eines Systems nur in Bezug auf ein anderes geredet werden kann, dann aber zugleich auch die Bewegung des zweiten in Bezug auf das erste selbstverständlich ist. Indem wir die Systeme in ihrer ganzen Erstreckung auffassen, ist es gestattet, zu sagen, beide Systeme bewegen sich jedes in dem andern. Ganz dasselbe gilt auch von räumlichen Systemen oder Gebilden, und nur der Einfachheit wegen haben wir den speziellen Fall zweier ebenen Systeme hervorgehoben. Bleiben wir zunächst bei der Bewegung ebener Systeme stehen. Die Bewegung von Σ_1 in Σ_2 ist durch zwei Bedingungen bestimmt, z. B. dadurch, dass zwei Punkte von Σ_1 auf zwei gegebenen Linien von Σ_1 bleiben müssen. Durch diese zwei Bedingungen sind auch für die Bewegung von Σ_2 in Σ_1 die zwei bestimmenden Bedingungen gegeben. Sie bestehen darin, dass jene beiden Linien fortwährend durch die genannten zwei Punkte hindurchgehen müssen. Diese Bedingungen kehren sich daher in ihrer Bedeutung für die Bewegung des einen oder andern Systems in gewissem Sinne um. Dies veranlasst, dass man die beiden Bewegungen überhaupt Umkehrungen voneinander, d. h. jede die Umkehrung der andern nennt. Diese doppelte Bedeutung der Bewegung zweier Systeme gegen einander nennt man daher auch nicht unpassend den Dualismus der Bewegung. In gewissem Sinne können beide Bewegungen auch als reziprok bezeichnet werden, indem die ihnen zu Grunde liegenden zwei Bedingungen in der That reziprok im Sinne der neueren Geometrie sind, nämlich so, dass, wenn bei der einen Bewegung eine Gerade durch einen Punkt geht, bei der andern der Punkt in der Geraden liegt. Für den räumlichen Dualismus spricht sich dies dadurch aus, dass, wenn bei der einen ein Punkt auf einer Ebene bleibt, bei der andern die Ebene durch den Punkt hindurchgeht und wenn eine Gerade in einer Ebene bleibt, die Ebene sich um eine Gerade dreht. — Es ist gut, sich beide Bewegungen zugleich vorzustellen. Als ein bequemes Hilfsmittel für die Ableitung der einen aus der andern kann folgendes dienen. Die Bewegungen der Systeme Σ_1 und Σ_2 werden nicht geändert, wenn man beiden zusammen wie einem System eine gemeinsame Bewegung in einer Ebene Σ_3 erteilt. Wählt

man nun zu dieser hinzugefügten gemeinsamen Bewegung jeden Moment die entgegengesetzte von Σ_1, so kommt Σ_1 zur Ruhe und nimmt Σ_2 diese entgegengesetzte Bewegung an. Man erkennt hieraus, dass alle Punkte von Σ_2 genau die entgegengesetzten Bogenelemente mit entgegengesetzten Geschwindigkeiten und Beschleunigungen beschreiben wie die mit ihnen oben zusammenfallenden Punkte von Σ_1; ähnlich für räumliche Systeme. Will man weiter gehen, so kann man hierin sogar das Prinzip der Aktion und Reaktion und einen Beweis desselben erkennen.

Die Bewegung von Σ_1 in Σ_2 ist äquivalent dem Rollen einer gewissen Kurve C_1 von Σ_1 auf einer Kurve C_2 von Σ_2; die Bewegung von Σ_2 in Σ_1 oder die Umkehrung der Bewegung von Σ_1 in Σ_2 ist daher äquivalent dem Rollen von C_2 auf C_1. — Geeignete Beispiele zur Erläuterung des Dualismus der Bewegung sind: die Cardano'sche elliptische Hypocykloidenbewegung und ihre Umkehrung, die Ovalbewegung von Leonardo da Vinci; die Konchoidenbewegung des Nicomedes; die Cissoidenbewegung des Diocles (zwei kongruente Parabeln rollen symmetrisch auf einander); die Bewegung der Erde um die Sonne. Bei der Cardano'schen Bewegung beschreiben die Punkte von Σ_1 in Σ_2 Ellipsen mit gemeinsamem Mittelpunkt und die von Σ_2 in Σ_1 Pascal'sche Linien; bringt man Σ_1 zur Ruhe, so kann der Mechanismus der Drehbank dazu dienen, die Umkehrung der Bewegung, nämlich die Ovalbewegung, hervorzurufen und es beschreibt jeder Punkt von Σ_1 auf der rotirenden Ebene von Σ_2 eine Ellipse. — Erteilt man Σ_1 und Σ_2 in einer Ebene eine gemeinsame Bewegung in Σ_3, so hat diese keinen Einfluss auf die Bewegungen von Σ_1 und Σ_2 gegen einander, wohl aber auf jede einzelne in Σ_3. Jedes der drei Systeme hat in jedem der beiden anderen eine direkte und veranlasst eine umgekehrte Bewegung, bei deren Studium die Relativität des Bewegungsbegriffs mitspricht. Gewöhnlich fasst man den Begriff der relativen Bewegung etwas enger, so, dass wenn Σ_1 und Σ_2 zugleich zwei von einander unabhängige Bewegungen in Σ_3 haben, die Bewegung von Σ_1 in Σ_2 und von Σ_2 in Σ_1 als relative Bewegungen bezeichnet werden, wobei aber diese nicht Umkehrungen von einander zu sein brauchen.

Litteratur: Chasles, Aperçu historique sur l'origine et le développement des méthodes en géometrie (Mém. de l'Académie de Belgique, T. II, auch separat erschienen, Bruxelles 1837 und neuerdings in 2. Aufl.; Note XXXIV, S. 408). — Schell, Theorie der Bewegung und der Kräfte, Leipzig 1879, Bd. 1, S. 224 u. 225. *Schell.*

Dualität oder Reziprozität. Man versteht hierunter ein Grundgesetz der Geometrie, das bezüglich des Zusammenhanges der Raumgrössen aus Punkt, Gerade und Ebene besteht, sobald es sich lediglich um die Lagenverhältnisse dieser Raumgrössen handelt. In ein und derselben Ebene kann nämlich ein Punkt nicht nur wieder einem Punkte, sondern auch einer Geraden entsprechen, indem man erstere Raumgrösse als Schnittpunkt zweier Geraden, die Gerade aber als Verbindungslinie zweier Punkte auffasst. Desgleichen entsprechen sich im Raume ein Punkt und eine Ebene reziprok, indem der Punkt als Schnittpunkt dreier Ebenen erscheint, die Ebene aber bestimmt ist durch drei nicht in gerader Linie befindliche Punkte. Eine Gerade entspricht sich selbst reziprok, wenn sie in einem Falle als Schnittlinie zweier Ebenen, im andern als Verbindungslinie zweier Punkte aufgefasst wird. Das Gesetz der Dualität oder Reziprozität ist dadurch charakterisirt, dass jeder geometrischen Wahrheit, die sich auf eine bestimmte Aufeinanderfolge von Punkten bezieht, in der Ebene, bezw. im Raume, eine geometrische Wahrheit gegenübersteht, die in bestimmter Weise Bezug hat auf eine Aufeinanderfolge von Geraden bezw. Ebenen.

Mit Bezugnahme auf die sechs Grundgebilde der Geometrie (s. d.) lassen sich die folgenden Dualitäten oder Reziprozitäten unterscheiden: Der Punktreihe steht dual gegenüber das Strahl- und Ebenenbüschel. Das Strahlbüschel ist selbst reziprok, desgleichen ist das Strahlbündel, aufgefasst als ein Gebilde von Geraden bezw. Ebenen reziprok dem ebenen System, aufgefasst als ein System von Geraden bezw. Punkten. Zwei ebene Systeme sind reziprok auf einander bezogen, wenn jedem Punkte des einen Systems eine Gerade des andern entspricht; zwei Strahlbündel sind endlich reziprok auf einander bezogen, wenn jedem Strahle des einen Bündels eine Ebene des andern als entsprechend zugeteilt ist. — In der Ebene stehen sich z. B. die Sätze von Paskal-Brianchon dual gegenüber, im Raume entspricht dem Dreieck reziprok das Dreikant, denn ersteres kann aufgefasst werden als Verbindung von dreien nicht in gerader Linie liegenden Punkten, während das Dreikant entsteht durch drei sich schneidende Ebenen. Dem Scheitel

des Dreikants entspricht reziprok die Dreiecksebene, den Seitenflächen des Dreikants entsprechen die Dreiecksecken, den Kanten des Dreikants die Dreiecksseiten. Jedem Polyeder entspricht reziprok ein zweites Polyeder, dessen Begrenzungsflächen reziprok sind den Ecken des ersten Körpers. *Vonderlinn.*

Dubassen, auf der Weichsel benützte flache Fahrzeuge ohne Mast.

Dublirmaschine, s. Doublirmaschine.

Dublirtes Garn, s. Zwirn.

Duc d'Alben (Dalben), in den Grund eingerammte, einige Meter aus dem Wasser ragende Pfahlkomplexe, welche nach einer Lesart zuerst von dem Herzog von Alba in Holland angewendet und infolge dessen nach ihm benannt sein sollen. Nach neueren Forschungen soll der Ausdruck durch die Verstümmelung eines holländischen Wortes entstanden sein und mit dem Herzog von Alba nichts zu thun haben. Die Duc d'Alben dienen einesteils zum Bezeichnen der Fahrwassergrenze (s. Baken), andernteils zum Festmachen der Schiffe in solchen Häfen, in denen ein Bollwerk (Kai) fehlt oder tiefergehenden Fahrzeugen nicht zugänglich ist, und welche ein Ankern, des beschränkten Raumes wegen, nicht gestatten. Die Duc d'Alben bestehen in der Regel aus einem stärkeren, vertikalen Mittelpfahl, um welchen sich eine Anzahl schräg eingerammter, etwas schwächerer und kürzerer Pfähle gruppirt, die sich mit ihren Kopfenden an den Mittelpfahl anlehnen. Die durchweg runden Pfähle zeigen an ihren Kopfenden abgerundete Kanten und tragen aufgenagelte Blechschutzkappen. Zusammengehalten werden sie mittelst einer starken, durch untergenagelte Holzklampen am Abgleiten verhinderten Kette, welche mit Ringen zum Einschäkeln der Ketten der festmachenden Schiffe versehen sind. In der Regel bedienen sich letztere aber ihrer Trossen, welche vom Bug und Heck aus um die Duc d'Alben gelegt werden und leichter zu lösen sind. Bisweilen — namentlich in Kriegshäfen — findet man eine, den Duc d'Alben und dessen einzelne Pfähle dicht über dem Wasser ganz umfassende, schmale, aussen runde Plattform aus Holz. Ist ein Fahrwasser an beiden Seiten durch Duc d'Alben bezeichnet, so tragen die bei der Einfahrt rechts befindlichen eine an dem hervorragenden Mittelpfahl befestigte Stange (Spiere), während bei den links liegenden der Mittelpfahl überhaupt nicht vorsteht. *von Niessen.*

Duchten, Duchtweger, s. Bootsbau.

Duckelbau. Duckel ist ein kleiner Schacht, gewöhnlich von kreisförmigem Querschnitte, der bis auf eine in geringer Tiefe vorhandene Lagerstätte abgeteuft wird. Der einfache Abbau (s. d.), bei dem von solchen Schächtchen aus die Lagerstätte so weit als möglich gewonnen wird, bis der Schacht zusammenzustürzen droht, heisst Duckelbau. *Treptow.*

Duckstein, s. Trass.

Dübel (Dübbel, Dobel, Dobbel, Dippel, Dollen), verhältnismässig kleine, cylindrisch, parallelepipedisch oder keilförmig geformte Verbandstücke aus hartem Holze, zur Verbindung zweier neben oder über einander liegender Hölzer (im letzteren Fall bei wagrechter Lage der Hölzer wird das Verbinden „Aufdollen" genannt).

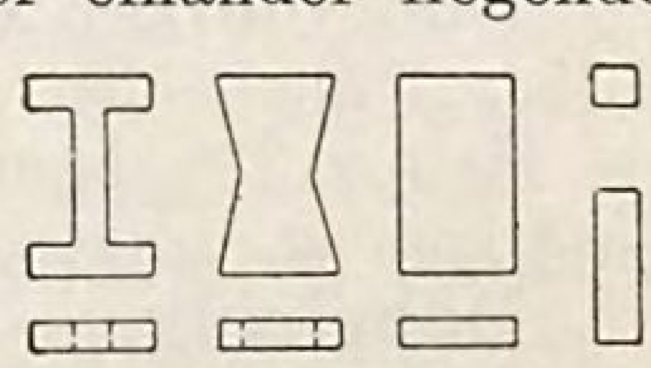


Fig. 1—4.

Für den Steinverband nennt man Dübel die meistens aus Eisen gefertigten Verbindungsglieder, welche bestimmt sind, einen sicheren Verband zwischen den einzelnen Hau- und Werksteinen zu bewirken. Die wichtigsten Formen dieser Steindübeln sind in Fig. 1—4 dargestellt. Dieselben werden in je zwei benachbarten Hausteinen eingelassen oder aber als sogen. Verguss-Klammern mit ihren umgebogenen Enden in gemeisselte Löcher gesteckt und mittelst Zement, Blei, Schwefel u. dergl. vergossen.

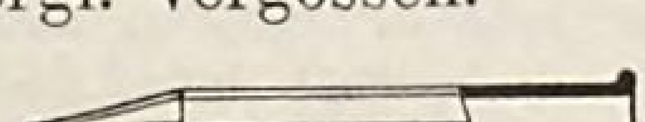


Fig. 6.

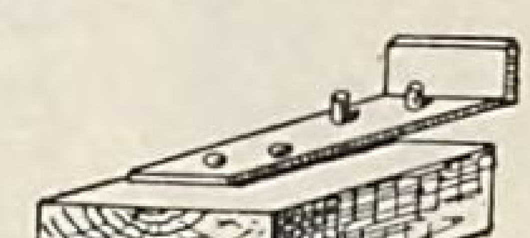


Fig. 5.

Hierher sind auch zwei Neuerungen der Firma Franz Spengler, Berlin SW., Alte Jakobstrasse 6, zu rechnen, nämlich. 1. die durch D.R.G.M.S. Nr. 19136 und 21291 geschützten Spanndübel (Fig. 5), welche mit einem oder zwei Eisenankern versehen, gleich bei der Ausführung des Mauerwerks mit vermauert werden und durch die nach dem Steinverbande umgekröpften Eisenanker, sowie durch vorstehende Schraubenköpfe eine sichere Befestigung erhalten, indem sich das Eisen mit dem Mörtel innig verbindet. Das Schwinden des Holzes kann nun

nicht mehr eine Lockerung des Dübels bewirken, und 2. die Stahleinschlagdübel (Fig. 6), welche aus einem hohlen Stahlcylinder mit einer Stahlspitze bestehen und in die Mauer eingeschlagen werden, nachdem die Höhlung mit Holz ausgekeilt worden ist; die eigentlichen Bildernägel, Rosettenstifte u. s. w. werden in das Holz der Höhlung eingeschlagen bezw. eingeschraubt und auf diese Weise nicht nur ein Verderben der Wände möglichst umgangen, sondern auch eine genauere Justirung in Bezug auf die Höhe ermöglicht. *J. Hoch.*

Dübelbäume, Bauhölzer von unregelmässigen, durch die nebenstehenden Figuren veranschaulichten Querschnitten, welche als Tragbalken bei den sogen. Dübelbaumdecken dienen. Man unterscheidet: behauene, von 21—32 cm Höhe (Fig. 1), und geschnittene, von 13—21 cm Höhe (Fig. 2). Die Breite schwankt zwischen 25—40 cm. Die geschnittenen sind zumeist „gesäumte Halbhölzer". Da die Dübelbäume sehr ungleiche Querschnitte und dementsprechend auch sehr ungleiche Tragkraft besitzen, sich also auch sehr ungleich durchbiegen würden, so werden sie bei der obengedachten Verwendung durch Dübel, welche in ungefähr 1—1,5 m Entfernung von einander liegen, zu einem Ganzen zusammengehalten. S. auch Decken, Bd. 3, S. 230. *Hans Guzmann.*

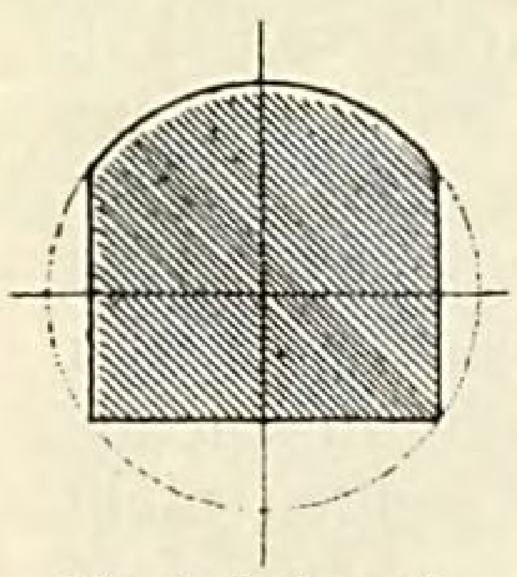


Fig. 1 (behauen).

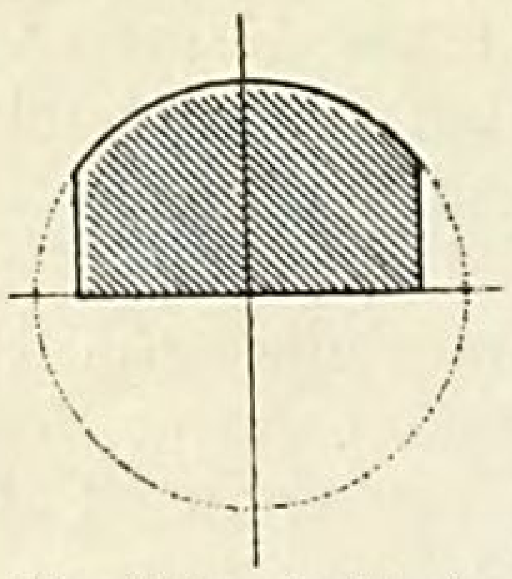


Fig. 2 (geschnitten).

Dübelgebälk, Balkenlage, in welcher Holz an Holz liegt. Die Balken sind niederer als diejenigen gewöhnlicher Balkenlagen gleicher Weite. Damit sich die Balken bei Einzelbelastung nicht durchbiegen, sind sie in Abständen von 1,2—1,5 m gegenseitig verdübelt (Fig. 1). Mangel an Konstruktionshöhe ist in der Regel Veranlassung zur Anwendung dieser Gebälke. Auch im Gefängnisbau finden sie Anwendung, weil sie mehr Sicherheit bieten gegen Ausbruch als die gewöhnliche Balkenlage. Die Dübelgebälke nach Fig. 2 sind in Oesterreich insbesondere für Dachgebälke gebräuchlich und durch baupolizeiliche Vorschrift, welche Trennung von Dachstuhl und Dachgebälk vorschreibt, veranlasst. Auf jedes Dübelgebälk wird eine trockene Anschüttung aufgebracht und auf diese ein Ziegelpflaster gelegt. Backsteinpfeilerchen von ungefähr 30 cm Höhe tragen die Bundbalken des Dachstuhles. Diese Anordnung reicht erfahrungsgemäss in den meisten Fällen aus, die Verbreitung eines Dachstuhlbrandes nach unten zu verhindern. S. auch Balkenauflager.

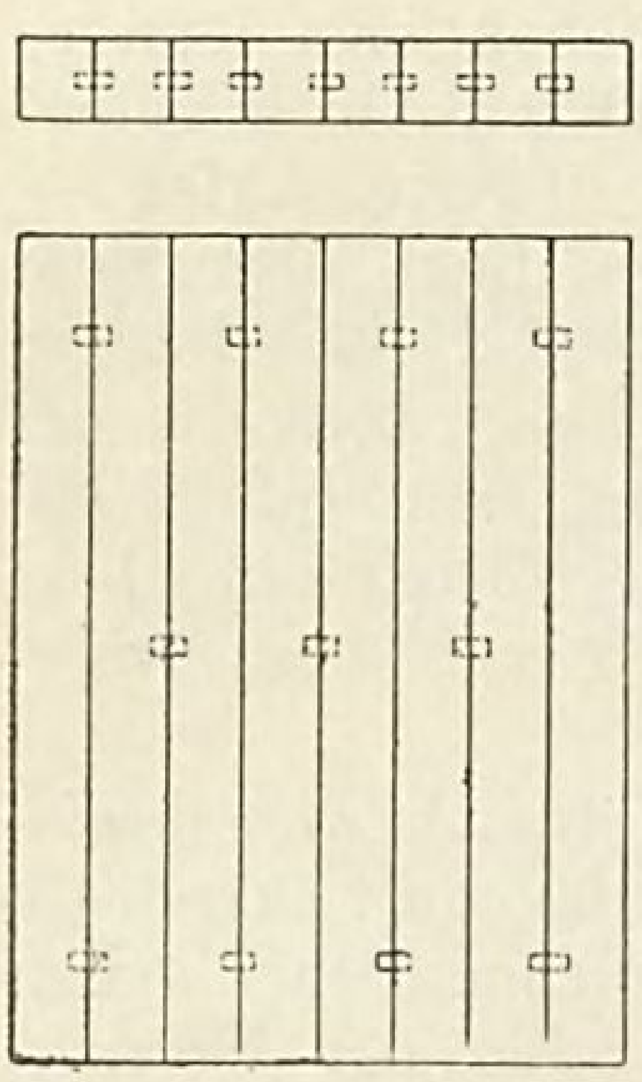


Fig. 1.

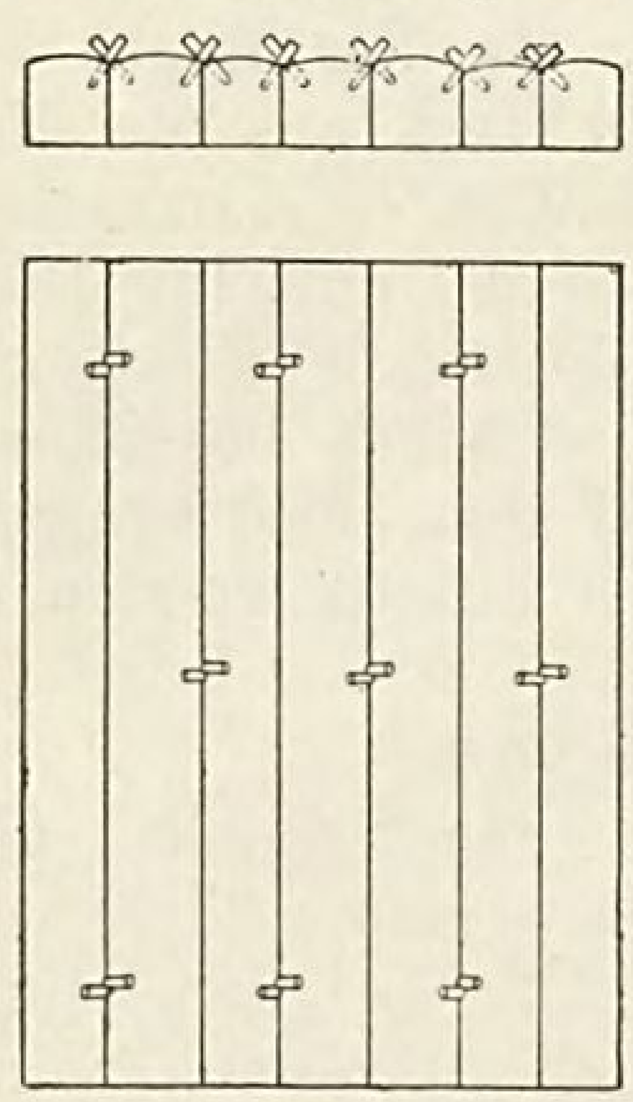


Fig. 2.

Dübelhölzer sind schwache Dübelbäume (s. d.), welche bei den sogen. „halben Dübelböden", Mann an Mann und verdübelt, in die Balkenfache zwischen den Haupt-Tragbäumen als ausfüllende Querhölzer gelegt werden, um die Schuttlage zu tragen. Litteratur s. unter Decken, Bd. 3, S. 231.

Dübelring, s. Schiffsgeschütze.

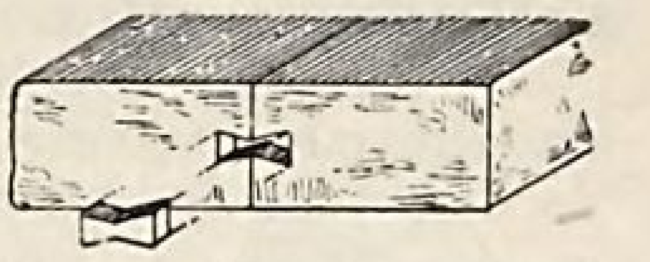
Dübelverbindung (auch Dübbel, Düpel, Dippel, Dobel und Döbel genannt), dient zur unverschiebbaren Befestigung zweier über einander gelagerten Steine.

Die Holzdübel (vergl. Dübel) können nur an stets trocken bleibenden Stellen Verwendung finden und müssen aus trockenem und dauerhaftem Holz angefertigt werden, wobei die Fugen mit trockenem Sand oder mit Harzkitt auszufüllen sind. — Steindübel lässt man häufig an der unteren Lagerfläche des oberen Steines, beim Bearbeiten desselben im Material selbst stehen und giesst den Zwischenraum im Loch des unteren Steins mit Zement aus (s. Fig. 1.). — Die metallenen Dübel oder Dollen bestehen am besten aus Kupfer oder Bronze, selten aus Blei, am häufigsten aus Eisen, haben eine Dicke von 2,5 bis 5 cm, eine Länge von 8 bis höchstens 15 cm und werden in den Löchern mit Blei, Schwefel, Gips, Zement, Asphalt oder Steinkitt vergossen. Eisen sollte ebenfalls, wie das Holz, nur an stets trocken bleibenden Stellen angewendet oder durch Verkupferung, Verbleiung, Verzinkung oder mindestens durch Anstrich mit



Fig. 1.

Asphaltlack vor dem Rosten geschützt werden. Beim Rosten verursacht Eisen, eine Vergrösserung des Volumens hervorbringend, leicht ein Sprengen des Steins. Zur Ausfüllung der in den Dübellöchern verbleibenden Fugen eignet sich das Blei am besten, kann aber nur dort verwendet werden, wo ein Nachstemmen desselben möglich ist. Von den übrigen Ausgussmitteln ist für Eisendübel nächst dem Blei der Portlandzement am meisten zu empfehlen. Bisweilen werden die Dübel- und Dollenverbindungen gleichzeitig zur Befestigung über einander und neben einander liegender Steine benützt, was durch Anwendung schwalbenschwanzförmiger Dübel in den Stossfugen (s. Fig. 2), die gleichzeitig in die darüber befindliche Schicht hineinragen, möglich wird [1].


Fig. 2.

Auch Wölbsteine werden in den Lagerfugen häufig durch Dübel gegen Verschiebungen gesichert, besonders bei scheitrechten Bogen, bei denen auch z-förmige Klammern zur Verwendung kommen.

Litteratur: [1] Nach Mitteilungen von Daly über ägyptische Mauern, Revue gén. de l'arch. 1882, S. 51; Handb. d. Arch., T. III, Bd. 1, S. 86; Eisendübel im alten Postgebäude zu Basel, Deutsches Baugewerksbl. 1882, S. 115; Bleidübel in den Gewölberippen der Marienkirche in Stuttgart, Deutsche Bauztg. 1880, S. 554.

L. von Willmann.

Dübelwand, s. Holzwände.

Düffel (Sibirienne), tuchartiges Wollenzeug, welches sich vom Köper-Coating nur durch dickeres Gespinnst, festere Walke und etwas kürzer geschorenes Haar unterscheidet; s. Weberei.

Düindtelmaschine. Während die Bildung eines Fadens oder einer Schnur durch Drehen eines parallel gelegten Faserbündels um seine gemeinschaftliche Axe geschieht, wodurch die Fasern spiralförmig gewunden werden, sind die gedündtelten Schnüre durch Uebereinanderflechten einzelner gedrehten, einfachen Fäden oder Zwirnfäden entstanden. Die Dündtelmaschine hat als Aufsteckung kleine cylindrische Holzspulen mit Scheiben, welche den Grundfaden enthalten. Diese sind auf Stifte gesteckt, welche unten einen quadratischen Ansatz haben. Mit diesem greifen sie durch Schlitzführungen in eine horizontale Platte. Die Führungen haben die Form zweier konzentrischen Wellenlinien, welche sich kreuzen. Unter jedem Wellenbogen liegt ein kleines Stirnrad mit Mitnehmer, welches bei seiner Drehung den Spulenstift mitnimmt, so dass eine Anzahl Spulen in jeder Wellenlinie einander nachlaufen (4—6 Stück), aber die Spulen der einen Linie entgegen den Spulen der andern sich bewegen. Je zwei Grundfäden kreuzen sich also an den Schnittpunkten der Spulenführung. Es entsteht ein Zopf aus soviel Fachten als Spulen aufgesteckt werden. Alle Grundfäden werden durch eine gemeinschaftliche runde Führung mitten über den Spulenkreis geleitet, wo sie sich kreuzen. Das so gezopfte Gebilde wird auf eine rotirende Spule aufgewunden. Dündtelschnüre für den Antrieb der Spindeln an Spinnmaschinen werden hergestellt aus Grundfaden Nr. 24, zwölffach, für grössere Spindeln mit Spulen werden stärkere Garnnummern mit gleicher Fachtzahl verwendet. *Bosshard.*

Düne nennt man wallartig geformte Anhäufungen von lockerem und staubförmigem Sand, erzeugt durch Wind, vornehmlich an sandigen und flachen Meeresküsten. Die Dünenwälle entstehen dadurch, dass der flach über die Wellen nach dem flachen Ufer streichende Wind von diesem ebenso flach reflektirt wird und hierbei den zur Zeit der Ebbe trockenen Sand aufnimmt, ihn landeinwärts trägt und im Windschatten fallen lässt und aufhäuft.

Die Dünen sind in ihrer Längserstreckung demnach der Küste parallel und zu der Windrichtung senkrecht. Ihre der Küste zugewendeten Abhänge sind flach; die landeinwärts gerichteten zeigen den natürlichen Böschungswinkel des lockeren Sandes. Durch den Wechsel in der Windstärke und in dem Reflexionswinkel wird der dünenartig abgelagerte Sand meist alsbald wieder vom Wind aufgenommen und noch weiter landeinwärts befördert, der alte Wall wird abgetragen und ein neuer hinter demselben aufgeschüttet, die Düne „wandert“. Wie an den flachen Meeresküsten die Stranddünen, so können überall, wo lockerer, trockener Sand vom Wind getroffen wird, Dünen erzeugt werden, also auch inmitten des Festlandes die Inlandsdünen, z. B. in der Sahara, libyschen Wüste, im norddeutschen Tiefland, in der Rheinebene (Hessen) u. s. w. Die in beständiger Ortsveränderung sich befindenden Dünensande und die meist grosse Trockenheit und Dürre gestatten nur selten die Ansiedlung der Vegetation, und so gewähren Dünengebiete einen durchaus kahlen, nackten, ungemein sterilen Eindruck. Thäler in Dünen besitzen meist feuchten Untergrund und daher auch ziemlich kräftige Vegetation. Der Dünensand erweist sich im Querschnitt deutlich, aber selten horizontal, meist transversal und schräg wie in Sandkegel geschichtet und besteht vorwiegend aus abgerundeten

Quarzkörnern, zum geringen Teil aus anderem Material, z. B. aus zerriebenen Muschelschalen am Meeresstrand. Die Gegenwart letzterer und damit von kohlensaurem Kalk ist für die landwirtschaftliche Benützung der Dünen besonders wichtig. Die Korngrösse liegt in der Hauptsache um 1 mm Durchmesser, bei den Stranddünen wächst sie mit Annäherung gegen die Küste. Die Höhe der Dünen erreicht im Ostseegebiet 70 m.

Um das Wandern der Dünen und dessen nachteilige Folgen, die Ueberschüttung der benachbarten Gebiete mit Sand, zu verhüten, hat man zunächst versucht, durch Erbauung von Vordünen am Strand die Aufnahme des Sandes durch den Wind hier zu verhindern. Dann wurde, um den Sand der Düne selbst an seinen Ort zu binden, die Anpflanzung mit solchen Grasarten versucht, welche das Uebersanden und den Anprall der geschleuderten Sandkörner ertragen, z. B. mit Arundo arenaria, Elymus arenarius. Ist durch sie die Oberfläche der Düne leidlich befestigt, so geschieht die weitere Bepflanzung durch Kieferarten, die Seestrand- und die Krummholzkiefer, nachdem eine Verbesserung des Bodens, d. h. eine Erniedrigung der Durchlässigkeit für Wasser und Luft durch Zufuhr von Lehm, Moorerde vorausgegangen ist.

Litteratur: Krause, Der Dünenbau, Berlin 1850. — Berendt, Geologie des Kurischen Haffes, Königsberg 1869. — Müller, Verhandlungen des preuss. Forstvereins, 1881. — Wessely, Der Flugsand und seine Kultur, Wien 1873. — Lehnpfuhl, Münchner akadem. Hefte 1892. — Sokolów, N. A., Die Dünen; Bildung, Entwicklung und innerer Bau, übersetzt von A. Arzruni, Berlin 1894. *Leppla.*

Düngefleischmehl, auch kurz Fleischmehl genannt, ist ein Düngemittel, welches aus dem Fleisch verendeter Tiere hergestellt wird. Durch Kochen desselben wird das Fett ausgeschieden, um als Talg in den Seifenfabriken weitere Verwendung zu finden, worauf das Fleisch selbst getrocknet und gemahlen wird. Das in den Handel gebrachte Fleischmehl ist von graubrauner Farbe und enthält 14,5 % Stickstoff. *Weitz.*

Düngemittel, käufliche, s. Dünger, künstliche.

Dünger, künstliche, auch käufliche oder konzentrirte genannt, ersetzen dem Boden die ihm durch die Ernten entzogenen Nährstoffe, welche durch Verkauf der Ernten nicht in den Stallmist gelangen und somit dem Boden bei blosser Stallmistdüngung nicht wieder zurückgegeben werden. Die wesentlichsten hierbei dem Boden entzogenen Nährstoffe sind: Phosphorsäure, Stickstoff und Kali, und ist es als ein grosser Vorteil der künstlichen Düngemittel zu betrachten, dass man im stande ist, mit ihnen dem Boden nur das zuzuführen, was ihm fehlt und werden dieselben nach ihren Bestandteilen in vier grosse Gruppen eingeteilt: 1. phosphorsäurehaltige Düngemittel, 2. stickstoffhaltige Düngemittel, 3. stickstoff- und phosphorsäurehaltige Düngemittel, 4. Kalisalze.

Litteratur: Rümpler, Die käuflichen Düngestoffe, Berlin 1889, 3. Aufl. — Wolff, Praktische Düngerlehre, Berlin 1889, 11. Aufl. — Weitz, Landw. Raubbau, Berlin 1894, 3. Aufl. *Weitz.*

Düngergang, s. Rindviehställe.

Düngermühle, dient zum Pulverisiren solcher künstlichen Dünger, welche, wie Chilisalpeter, Kainit etc., hygroskopisch sind, deshalb leicht zusammenbacken und harte Knollen bilden. Da bei der Verwendung solcher konzentrirten Dünger die möglichst gleichmässige Verteilung sehr wichtig ist, so ist die Benützung der Düngermühle angezeigt, sofern man sich nicht damit begnügen will, die Brocken abzusieben und etwa auf einer Tenne durch Ueberfahren mit einer Ackerwalze zu zerkleinern.

Die Düngermühlen, wie sie von J. Reuss-Artern, Prov. Sachsen, u. a. in den Handel kommen, haben Holz- oder Eisengestell und sind für Hand- oder Kraftbetrieb eingerichtet. Das Material wird in den Fülltrichter gegeben, durch dessen Rostboden die Stahlzähne zweier Walzen greifen. Durch dieselben werden die Brocken gröblich zerkleinert, der Dünger fällt auf ein zweites Walzenpaar, welches die vollständige Zerkleinerung übernimmt. Die eine Walze ist gerieft, die andere glatt. Dimensionen, Preise und Leistung sind folgende:

Nr. 0 für Kraftbetrieb:	Walzenbreite 50 cm,	Preis 230 M.,	Leistung p. Stunde	40—50 M.-Ztr.
„ 1 „ Handbetrieb:	„ 40 „	„ 120 „	„ „ „	10—12,5 „
„ 2 „ „	„ 26 „	„ 80 „	„ „ „	6 „

Zum Betriebe der Nr. 1 und 2 ist ein kräftiger Arbeiter nötig. Bei Instandhaltung der Düngermühle ist gründliche Reinigung nach jedem Gebrauch notwendig, da das Material Eisen und Stahl stark angreift; die Maschine muss also leicht aus einander genommen werden können. *Strebel.*

Düngerstreumaschine, dient zum breitwürfigen Ausstreuen pulverförmiger künstlicher Dünger, sowie von Gips und gebranntem Kalk. Eine gute Düngerstreumaschine muss die gleichmässige Verteilung trockenen wie feuchten Düngers ohne Nachhilfe auf der Ebene und am Hang, auf glattem und scholligem Boden gestatten; die Arbeitsbreite soll gleich der Spurweite sein. Ein Spielraum in den Streumengen von 60—600 kg pro ha ist erwünscht; Schutz gegen Wind,

Einfachheit der Konstruktion, leichte Einstellung und Reinigung, Dauerhaftigkeit geringe Zugkraft, grosse Leistung und mässiger Preis sind weitere Anforderungen. Unter den brauchbaren Düngerstreumaschinen kann man unterscheiden: Bodenschlitzmaschinen und Düngerstreumaschinen mit Wurfwalzen. Der Bau der ersteren ergibt sich aus den Abbildungen zweier Repräsentanten.

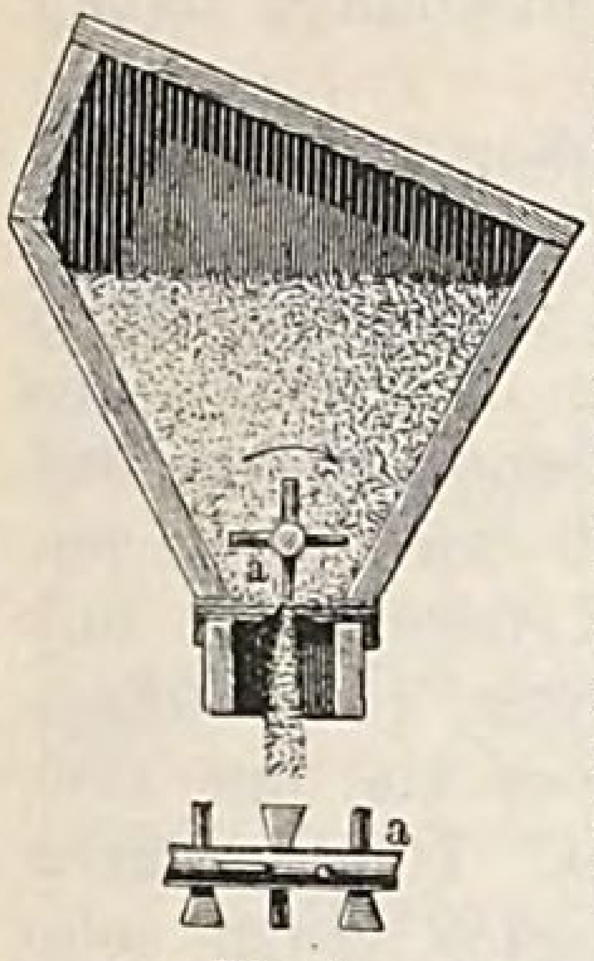


Fig. 1.

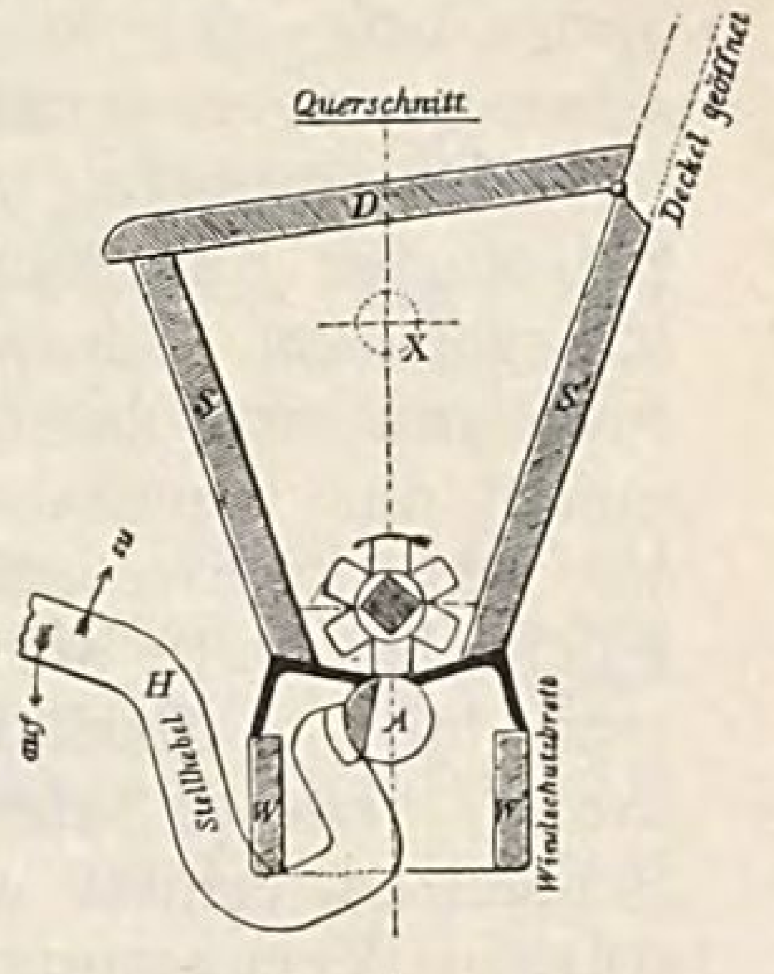


Fig. 2.

a. Maschine von Berthold Hirschfeld, Breslau, Patent Hampel Nr. 9093. Ueber dem Boden des Saatkastens ist eine Welle gelagert, deren Hälften von den auf den Radnaben sitzenden Kammrädern bewegt werden. Die Welle *a* (Fig. 1) ist mit Stiften besetzt, welche einerseits meisselförmig sind. Sie rühren den Dünger durch, verhüten teilweise die Bildung von Hohlräumen und schieben ihn durch einen Schlitz des Kastenbodens, welcher durch zwei Schienen gebildet wird, von welchen die eine parallel zur Festbleibenden verstellt werden kann. Der Kasten fasst ca. 150 kg, zur Bedienung genügt ein Mann und ein Pferd, die Maschine ist einfach, streut trockenen und mässig feuchten Dünger gut und ist nicht zu teuer.

b. Düngerstreumaschine von Schmidt & Spiegel, Halle a. S. Sie unterscheidet sich von a. durch gusseiserne Rührkörper, welche auf die vierkantige Welle aufgeschoben werden, sowie durch die Verstellung des Bodenschlitzes (s. Fig. 2). Die offene Rinne des Kastenbodens kann mehr oder weniger geschlossen werden durch das Längssegment *A*, einer massiven eisernen Welle und zwar mittelst des Stellhebers *H*, wodurch das Streuquantum verändert wird. Die Maschine kommt in zwei Ausführungen in den Handel, Marke *A* mehr für trockenen, Marke *B* für alle Dünger. Die Dimensionen, Preise und Leistungen der genannten Maschinen sind folgende:

	Marke	Breite m	Gewicht kg	Leistung pr. Std. ha	Preis *M.*
Patent Hampel	I.	3,75	300	0,75—1	330
„ „	II.	3,0	270	0,5 —0,75	295
„ „	III.	2,5	230	0,36—0,5	255
Schmidt & Spiegel	*A* II.	3,0	—	0,5 —0,75	240
„ „	*A* III.	2,5	—	0,36—0,5	230
„ „	*B* II.	3,0	—	0,5 —0,75	330
„ „	*B* III.	2,5	—	0,36—0,5	305

Die Maschinen a. und b. sind wohl brauchbar, doch insofern nicht vollkommen, als die Spurweite grösser ist wie die Arbeitsbreite, das Hohllegen des Düngers und damit Fehlstellen vorkommen und bei heftiger Erschütterung mehr Dünger aus dem Schlitze fällt als beim Fahren auf glattem Boden. Abweichend von beiden Konstruktionen ist die Düngerstreumaschine von Schlör (D.R.P. 34 385) mit Wurfwalzen.

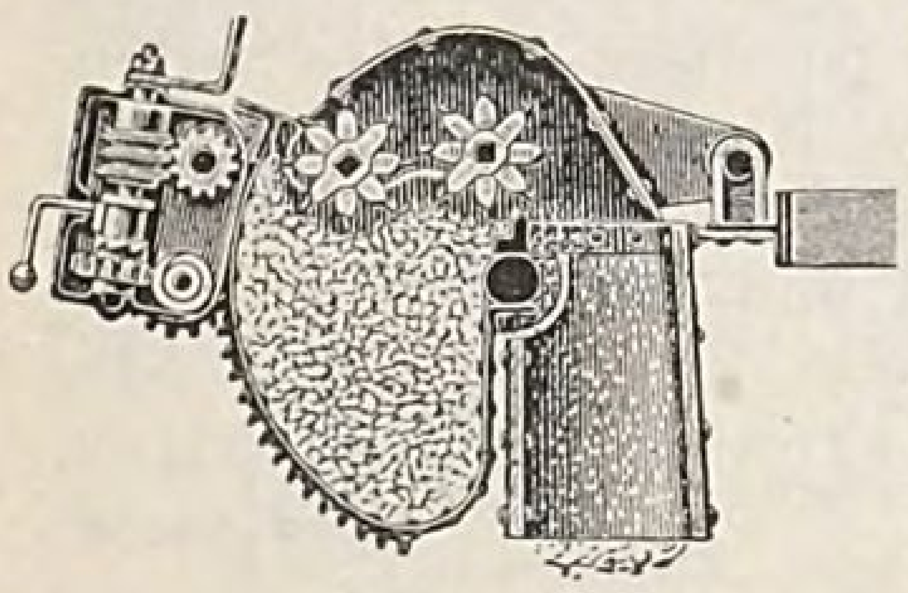


Fig. 4.

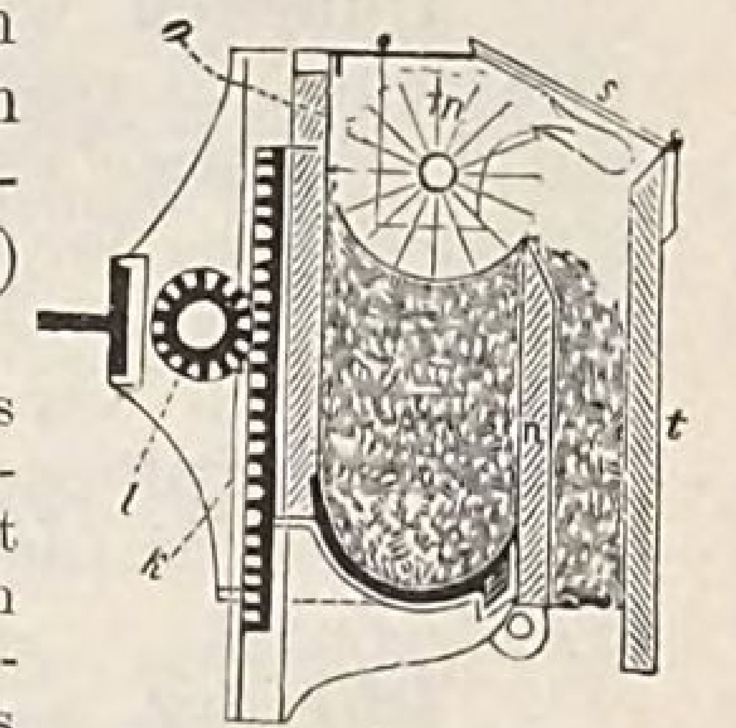


Fig. 3.

Die Hinterwand *n* des Säekastens (s. Fig. 3) ist fest mit den eisernen Seitenwänden verbunden, die Vorderwand *a* bildet mit dem daran befindlichen Boden den Säekasten, welcher zwischen den Seitenwänden durch die Zahnstange *k* und das Kammrad *l* vertikal bewegt wird. Quer durch ist die Wurfwalze *m* gelagert, diese, sowie der Streukasten werden durch ein Vorgelege angetrieben. Wenn nun eingerückt und angefahren wird, nachdem der Kasten gleichmässig gefüllt und entsprechend der Peripherie der Streuwalze mit einem Holze genau abgeglichen ist, so hebt sich nach Massgabe der gewählten Uebersetzung der Streukasten vertikal und führt dadurch der rotirenden Walze *m* Material zu, welches, über die obere Kante der Wand *n* geworfen, zu Boden fällt, wobei der Dünger gegen Wind durch das Brett *t* geschützt wird. Kommt der Kastenboden bei der Wurfwalze an, so wird angehalten, der Kasten durch die Kurbel wieder gesenkt, gefüllt und die Arbeit fortgesetzt.

Die Maschine streut trockenen und feuchten Dünger sehr gleichmässig; durch starke Erschütterung senkt sich jedoch der Dünger fester, so dass bei ungenügender Aufmerksamkeit leicht Fehlstellen entstehen. Auch ist die Maschine nicht einfach genug. Preis bei 2 m Arbeitsbreite 330 *M.*; Bezugsquelle W. Siedersleben-Bernburg. — Um Spannungen des Streukastens, wie sie bei der Schlör'schen Maschine vorkommen können, vorzubeugen, fertigt die Erzgebirgische Maschinenfabrik Schettau, Königr. Sachsen, den Kasten aus Eisen-

blech und aus einem Stück; die beiden Wurfwalzen bleiben in ihrer Lage, während der Streukasten von hinten nach vorne allmälich gehoben wird (s. Querschnitt Fig. 4). Preis bei 2 m Arbeitsbreite 350 *M.* *Strebel.*

Dünger- und Saatstreumaschine, soll die gleichzeitige Aussaat von Saatgut und künstlichem Dünger gestatten, wobei beiderlei Material entweder breitwürfig oder in Reihen gestreut wird. Diese kombinirten Maschinen haben einen geringen praktischen Wert.

Düngesalz, wird aus den nicht anderweitig zu verwertenden Abfällen der Stassfurter Fabriken dargestellt. Hauptsächlich geschieht dies aus dem in den Klärgefässen sich absetzenden Schlamm, welcher stets noch geringe Mengen Kali und zwar bis ca. 13% enthält. Unter den Verunreinigungen des Schlammes nimmt das Kochsalz mit ca. 45% den breitesten Raum ein. Ferner dienen das ca. 12% schwefelsaures Kali enthaltende Bühnensalz mit noch höherem Kochsalzgehalte als derjenige des Schlammes und endlich das Rinnensalz mit etwa 50% Chlorkalium und 45—50% Kochsalz zur Darstellung von Düngesalzen. Diese Salze werden in Flammenöfen getrocknet, wobei sie bis zum Schmelzen erhitzt und nach dem Abkühlen gemahlen werden. Infolge ihrer starken Verunreinigungen haben diese Salze als Düngemittel nur einen sehr geringen Wert. *Weitz.*

Düngung mit Fäkalstoffen, s. Fäkaldünger.

Dünneisen, dünnes Schwarzblech, welches zur Herstellung des Weissblechs (s. Blech) verwendet wird.

Dünnsaft, der in der Zuckerfabrikation durch Laugen der Rübenschnitzel mit Wasser in den Diffuseuren (s. Zucker) erhaltene Rübensaft in dem Stadium, in welchem er der Filtration durch Knochenkohle unterworfen werden soll. Hierzu ist der rohe Rübensaft, wie er aus den Diffuseuren kommt, zunächst durch Erwärmen auf 80—90° und Zusatz von Kalkmilch von den gelösten Eiweissstoffen und dann durch Einleiten von Kohlensäure oder von schwefliger Säure von dem überschüssigen Kalk befreit worden. Diese beiden Phasen der Saftreinigung unterscheidet man als die Scheidung und Saturation und nennt daher die von dem abgeschiedenen Schlamm abfiltrirte Zuckerlösung saturirten Scheidesaft oder Dünnsaft im Gegensatz zum Dicksaft. — S. Zucker.

Dünnschliff, s. Gesteinsuntersuchung. *W. Kerp.*

Dünnstein, s. Edelsteinschleiferei und Kupfer.

Duernen werden in der Buchdruckerei zwei Foliobogen genannt, wenn ihre Seiten so gestellt sind, dass die Bogen in einander gesteckt werden müssen, um das richtige Fortlaufen des Textes zu erzielen. Es ist diese Art der Seitenstellung, die im ersten und zweiten Jahrhundert des Buchdruckes allgemein verbreitet und wohl von den Gewohnheiten der Abschreiber auf die Drucker übergegangen war, heute nur noch in Ausnahmefällen und besonders bei amtlichen Schriftstücken üblich. Steckte man in der angegebenen Weise 3, 4, 5 oder 6 Bogen in einander, so hiessen sie Triternen, Quaternen, Quinternen, Sexternen. *Theod. Goebel.*

Dürrerz, s. Erz.

Dürr-Kessel, s. Dampfkessel, Bd. 3, S. 159, und Wasserröhrenkessel.

Düse, Düsenstock (an der Windleitung von Gebläse-Schmelzöfen), die von der Hauptwindleitung eines Gebläse-Schmelzofens nach den Formen führende Zweigleitung; s. Oefen, metallurgische.

Dütenschneidmaschine, eine den gewöhnlichen Papierschneidmaschinen und zwar den Guillotineschneidmaschinen ähnlich konstruirte Maschine, welche sowohl mit einem geraden als auch mit gekröpftem Messer arbeitet und dazu dient, die zur Herstellung der Papierdüten und Papierbeutel nötigen Papierblätter in entsprechenden Dimensionen aus einer grösseren Quantität einfach oder doppelt zusammengelegter Papierblätter mit einem Schnitt auszuschneiden. S. Papierfabrikation. *Maxim. Kraft.*

Duft, s. Rauhfrost.

Duim, niederländisches Längenmass = 1 cm.

Dukaten, Goldmünze, angeblich unter Roger II., Herzog von Apulien, zuerst 1140 geprägt.

Der venezianische Name Zecchine leitet sich von zecca, Münzstätte, ab. Die geringwertigeren Stücke nannte man Goldgulden. 67 Dukaten wurden = 1 kölnische Mark gerechnet bei 23,66 Karat = $986^1/_9$ Tausendteile Feingehalt. Die Prägung solcher Stücke fand in deutschen Ländern, besonders in Oesterreich, bis in die neueste Zeit statt. Der Goldwert solcher Dukaten beträgt 9,602 ℳ. Früher prägte man Stücke zu 2—10 Dukaten, auch Teilstücke bis zu $^1/_{32}$ (Linsendukaten). Den sogen. Randdukaten fehlt höchstens 1 ‰ vom Normalgewicht. Das Minimalgewicht des stärker abgenützten sogen. Passirdukaten rechnet man in Leipzig zu 65 früheren Dukatenas = 3,4369 g. Die Länder des Zollvereins stellten 1857 die Prägung ein, während in Oesterreich noch jetzt Dukaten als Handelsmünze geprägt werden. Von grosser Bedeutung wegen ihrer weiten Verbreitung waren die holländischen Dukaten. Sie wurden in anderen Ländern, zum teil auf Grund von Verträgen, häufig nachgeprägt; Feingehalt 983 Tausendteile bei 3,494 g Gewicht und 9,582 ℳ Goldwert.

Seit 1834 prägt Russland sogen. Imperialdukaten (Rubelimperials) à 3 Silberrubel oder 20 polnischen Gulden für Polen; Feingehalt $916^2/_3$ seit 1. Aug. 1886 nur noch 900 Tausendteile. Der neue Halbimperial ist = 20,001 Frank = 16,2 Mark bei 5,80675 g Gehalt an reinem Gold. Die Kurse der Imperiale werden an den grösseren Börsen notirt.

Dukatengold, s. Goldlegirungen.

Duker (Düker), allgemeine Bezeichung für eine, unter Strassen, Eisenbahnen, Flüssen, Kanälen etc. angeordnete Unterführung von Wasserleitungen. Die Unterführung beginnt und endigt in zwei offenen Kanälen, welche sie verbindet, stellt also eine unter Druck stehende kommunizirende Röhre dar, jedoch ohne dass die Notwendigkeit eines kreisrunden Querschnitts besteht. Näheres s. Rohrleitung und Kanäle.

Dulcit (Dulcin, Dulkose, Melampyrin, Evonymit) neben dem isomeren Mannit der wichtigste Vertreter der sechswertigen Alkohole, welche die direkten Reduktionsprodukte der Glukosen sind. Der Dulcit besitzt die Zusammensetzung $C_6H_{14}O_6$ und die Konstitution:

$$CH_2(OH).CH(OH).CH(OH).CH(OH).CH(OH).CH_2(OH).$$

Er kristallisirt in grossen, glänzenden, durchsichtigen, monoklinen Prismen von süsslichem Geschmack, welche in Wasser löslich, im Alkohol schwer, im Aether unlöslich sind und bei 188° schmelzen. Seine wässerige Lösung ist optisch inaktiv. Beim Erhitzen mit Jodwasserstoffsäure liefert er dasselbe Hexyljodid wie der Mannit; bei der Oxydation mit Salpetersäure entsteht Schleimsäure. Sein Hexacetylderivat schmilzt bei 171°. Der Dulcit findet sich in vielen Pflanzen, so besonders in den Melampyrumarten und in Evonymus Europaea *L.* und wird aus einer von Madagaskar stammenden Mannasorte unbekannter Herkunft, dem sogen. Dulcitmanna, durch Ausziehen derselben mit heissem Wasser und Kristallisirenlassen der wässerigen Lösung gewonnen. Wie der Mannit künstlich durch Reduktion mit Natriumamalgam aus dem Fruchtzucker entsteht, so werden Milchzucker und Galaktose zu Dulcit reduzirt. S. auch Kohlenhydrate. *W. Kerp.*

Dulong-Petit'sches Gesetz, s. unter Spezifische Wärme.

Dulongs explosives Oel, s. Chlorstickstoff.

Dumpfhölzer, die in flachen Schächten am Liegenden horizontal eingebauten Hölzer, auf denen die Leitung für das Schachtfördergefäss (Tonne) befestigt wird. Das Wort dürfte wohl aus Tonnenfachholz (s. Grubenzimmerung) entstanden sein.

Dungstätten oder Misten sind bestimmt, den Dünger für die Zeit von dem Ausbringen aus dem Stall bis zur Abfuhr auf das Feld aufzunehmen; sie werden angelegt überall, wo die Dauerstreu (s. d.) nicht für alle Ställe eingeführt ist. An eine gute Dungstätte stellt man die Anforderung, dass sie zweckmässig gelegen, ausreichend gross und bequem zugänglich ist. Sie muss ferner so eingerichtet sein, dass der Dünger in guter Beschaffenheit erhalten wird, ohne die Gesundheit von Menschen und Vieh zu beeinträchtigen.

Die Lage muss so gewählt werden, dass die Beförderung der grösseren Dungmassen vom Stall nach dem Lagerplatz auf kurzem Wege und mit geringer Arbeit vor sich gehen kann. Liegen die verschiedenen Ställe nicht unmittelbar neben einander, so rückt die Dungstätte demjenigen Stall am nächsten, der die grössten Dungmassen liefert, in der Regel dem Rindviehstall. Die Teilung in mehrere Dungstätten wird gern vermieden, weil die schichtenweise Mischung verschiedener Dungarten den Dünger verbessert. Vielfach bedient man sich für den Transport

des Düngers leichter Feldeisenbahnen, die heute in grösseren Wirtschaften selten fehlen. — Die Grösse der Dungstätte wird unter Zugrundelegung einer Höhe der Dunglage von 1,0—1,4 m und einer Lagerungsdauer bis zu vier Monaten berechnet. Die Düngererzeugung einschliesslich Streu beträgt jährlich:

für 1 Pferd	10	cbm.	darnach die	Grundfläche		2,8	qm
„ 1 Stück Rindvieh	13	„	„	„	„	3,6	„
„ 1 Schaf	2,5	„	„	„	„	0,7	„
„ 1 Schwein . . .	3,5	„	„	„	„	1,0	„

Für ein Haupt Grossvieh rechnet man durchschnittlich 3 qm, für ein Stück Kleinvieh 1 qm Grundfläche der Dungstätte. — Die Zugänglichkeit ist von Einfluss auf die Grundform und den Querschnitt. Man muss an jede Stelle mit dem leeren Wagen anfahren und den beladenen Wagen abfahren können. Die Grundform ist in kleinen bäuerlichen Gehöften häufig kreisrund oder länglichrund, die Sohle flach muldenförmig, 0,5—0,6 m tief mit etwas erhöhten Rändern, letzteres, um den Zufluss des Regenwassers zu hindern. Grössere Dungstätten werden meist rechteckig angelegt und mit Einfahrtsrampen an den kurzen Seiten versehen. — Die Pflege des Düngers ist von besonderer Wichtigkeit. Es muss möglichst verhindert werden, dass Dungstoffe verloren gehen, namentlich dass der wertvollste Bestandteil, die Jauche, abfliesst und das gasförmige Ammoniak verflüchtigt. Der Dünger darf nicht austrocknen, daher sammelt man die durch den Druck ausgepresste Jauche in einem wasserdicht gemauerten Jauchebrunnen an der tiefsten Stelle der Dungstätte und pumpt sie von dort immer wieder über den Dung. Man bedient sich hierzu einer Kettenpumpe und hölzerner verstellbarer Rinnleitungen oder einer Gartenspitze mit Schlauch. Dem Jauchebrunnen gibt man, je nachdem Trocken- oder Schlempefütterung eingeführt ist, 0,2—0,4 cbm Inhalt auf das Haupt Grossvieh. Um das Versickern flüssiger Dungstoffe im Untergrund und eine Verjauchung des Grundwassers zu verhüten, wird die Sohle der Dungstätte, wo nicht der Boden an sich undurchlassend ist, mit einer 25—30 cm starken Schicht fetten Thones, darüber Steinpflaster, möglichst wasserdicht hergestellt.

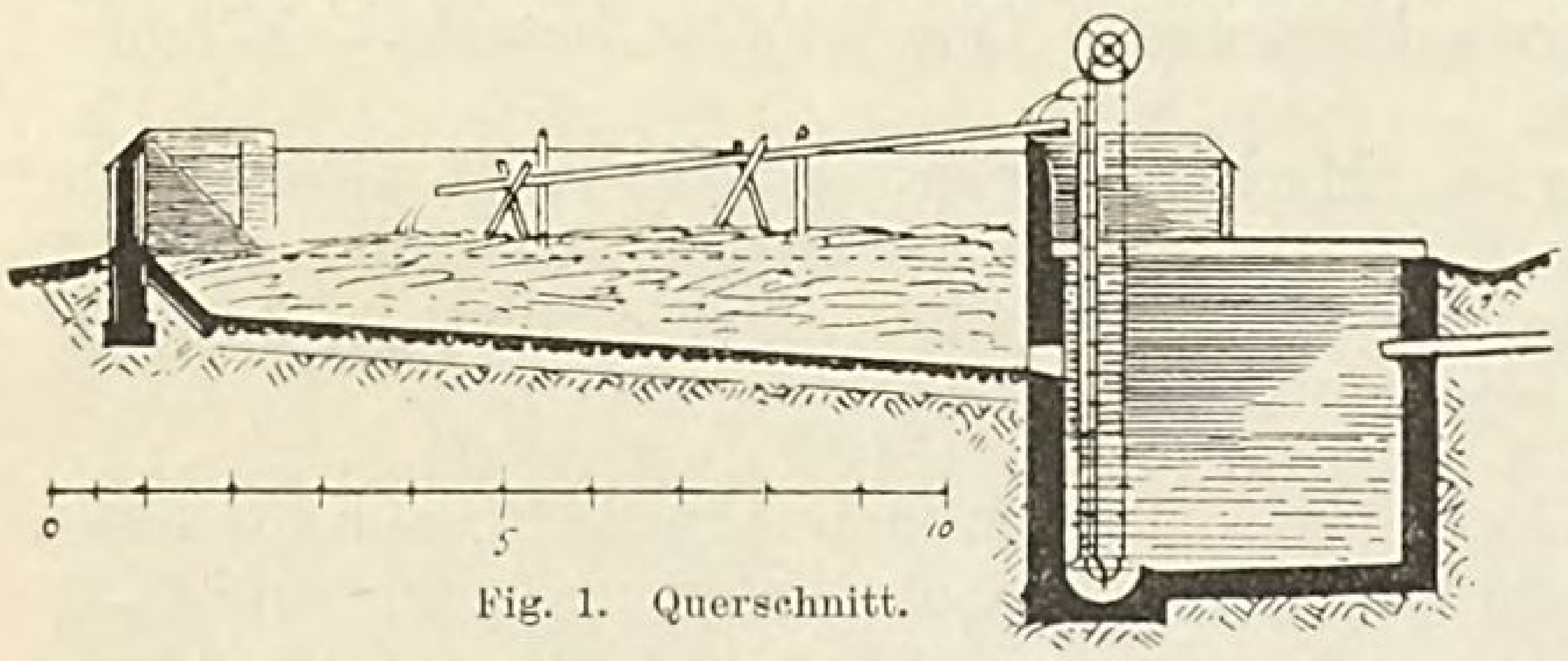
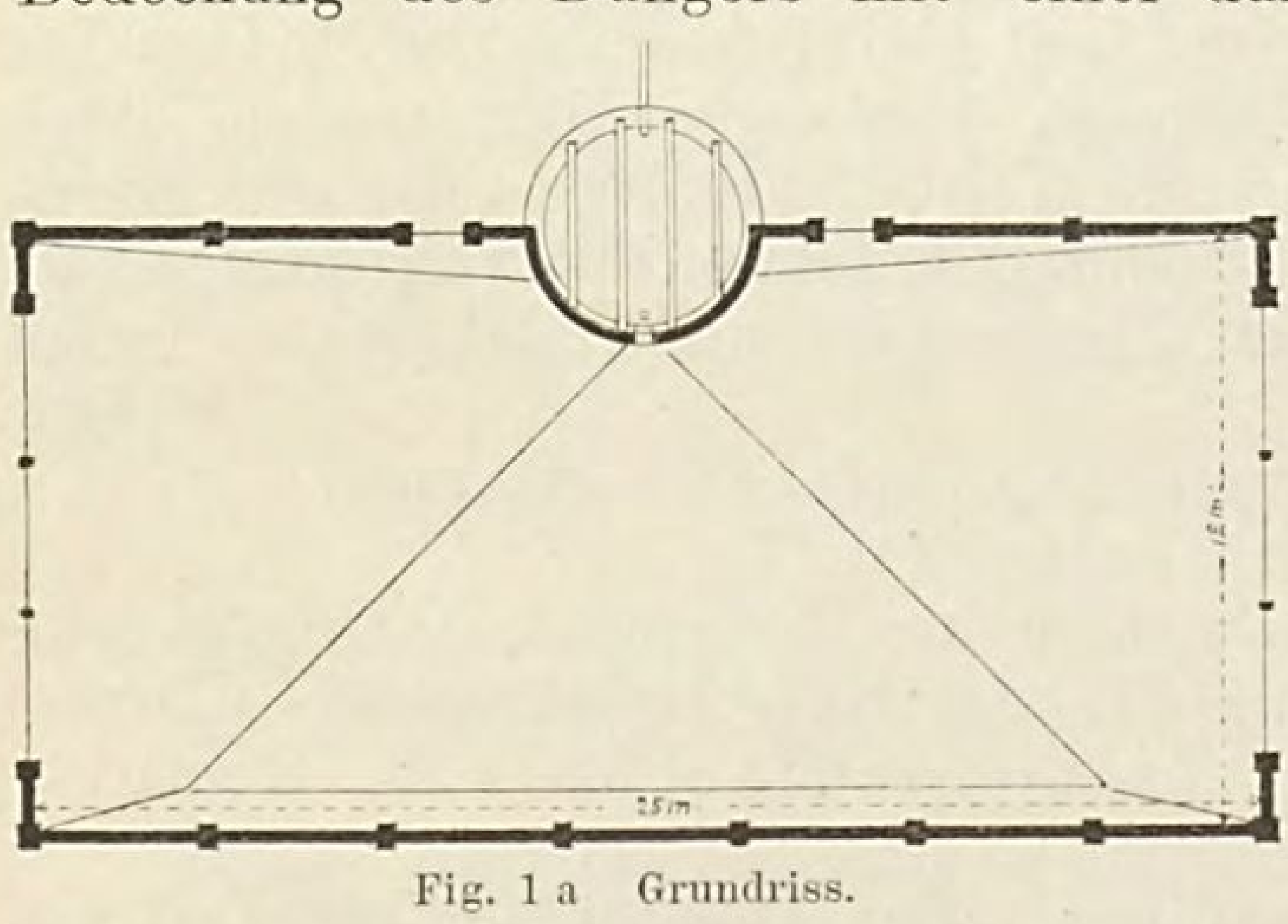


Fig. 1. Querschnitt.

Die zuweilen angewendete Ueberdachung der Dungstätten, um den Dünger in besserer Beschaffenheit zu erhalten, kann unter Umständen mehr schaden als nützen, weil sie die Austrocknung des Düngers befördert; sie ist nur da zu empfehlen, wo in Ermangelung von Stroh Moorboden zur Mischung (Kompostirung) angewendet wird, um die flüssigen Dungstoffe aufzusaugen, und es darauf ankommt, den Moorboden trocken und damit aufnahmefähig zu erhalten. Bedeckung des Düngers mit einer dünnen Erdschicht ist der Ueberdachung vorzuziehen. — Sehr empfehlenswert ist die Einfriedigung der Dungstätte mit niedrigen Mauern, die den Luftzug hindern, und die Umpflanzung mit Schatten gebenden Bäumen. Sie eignet sich dann besonders zum Viehring, auf dem man das Vieh, namentlich die Kühe, bei gutem Wetter Tag und Nacht stehen lässt. Das Vieh hält sich im Freien bei mässiger Bewegung gesünder als im Stall, der Dünger wird gleichmässig geschichtet und festgetreten, auch die Arbeit des Ausmistens gespart.


Fig. 1 a Grundriss.

Ein Beispiel einer Dungstätte für 100 Haupt Grossvieh geben obenstehende Figuren. Die rechteckige Dungstätte liegt mit der Längsaxe parallel dem Viehstall. Das Gefälle ist in drei Ebenen nach dem Jauchebrunnen angeordnet, in den auch der Jaucheabfluss des Stalles mündet. Die beiden Langseiten erhalten Einfriedigungsmauern. An der Stallseite sind Pforten zum Einbringen des Düngers angelegt. Die Durchfahrt erfolgt nach der Länge. Die kurzen Seiten sind durch bewegliche Schranken geschlossen.

Litteratur: A. v. Rueff, Bau und Einrichtung der Stallungen etc., Stuttgart 1875. — v. Tiedemann, Das landw. Bauwesen, Halle a. S. 1891. *v. Tiedemann.*

Dunkelkammer, s. Camera obscura und Photographie.

Dunst, in der Meteorologie meist Bezeichnung für die von Staub und Rauchteilchen herrührende Trübung der unteren Luftschichten, im Gegensatz zu der von ausgeschiedenem Wasser herrührenden Trübung, die wir Nebel nennen;

doch ist in gewissen Fällen die Unterscheidung von Dunst (∞) und Nebel (≡) eine schwierige und mehr oder weniger willkürliche. Vielfach bietet die relative Feuchtigkeit der Luft einen Anhalt, insofern Nebel feuchte Luft voraussetzt, während Dunst zumal bei trockener Luft auftritt. *Grossmann.*

Dunst, in der Müllerei dasjenige Zwischen- oder Endprodukt, welches hinsichtlich seiner Feinheit (Korngrösse) zwischen dem Griesse und dem Mehle steht (s. Mehlfabrikation).

Dunstdruck, s. Feuchtigkeit der Luft.

Dunstputzmaschine (Mehlfabrikation). Eine Maschine zum Entfernen der in den Dunsten und feinen Griessen enthaltenen kleinen Schalenteilchen (s. Putzmaschine).

Dunstschlote, Kommunikationen aus Röhren zwischen Orten mit schädlicher Gasentwicklung wie Aborte, Küchen, Ställe etc. und der über Dach befindlichen Atmosphäre, s. Aborte, Lüftung der Ställe etc.

Duodez, Druckformat, bei welchem der Papierbogen zu 12 Blättern zusammengefalzt wird, so dass er 24 Druckseiten enthält.

Duodezimalsystem, Zahlensystem mit 12 als Grundzahl, in der Technik diejenige Einteilung, nach welcher jede höhere Einheit das 12fache, jede niedere Einheit den 12. Teil der vorangehenden darstellt.

Systematisch durchgeführt ist das Duodezimalsystem nur beim älteren Längenmass; so hat die Rute 12 Fuss, der Fuss 12 Zoll, der Zoll 12 Linien. Ausserdem aber findet man die Teilung in 12 Teile oder in ein Vielfaches von 12 fast auf allen Gebieten des Münz-, Mass- und Gewichtswesens. Um einige Beispiele anzuführen, hatte der Groschen 12 Pfennige, das Apothekerpfund 12 Unzen u. s. w. In der Zeitmessung teilt man den Tag in 2 mal 12 Stunden, die Stunde in 5 mal 12 Minuten u. s. w.; bei der Winkelmessung hat der Kreis 30 mal 12 Grade, der Grad 5 mal 12 Minuten u. s. w.

Der grosse Vorzug des Duodezimalsystems vor allen anderen Systemen besteht darin, dass die Grundzahl 12 durch 4 Zahlen (2, 3, 4 und 6) ohne Rest teilbar ist. Daher kommt es auch, dass trotz der einleuchtenden Ueberlegenheit des Dezimalsystems die Zwölfteilung aus der Zeit- und Winkelmessung bislang nicht zu verdrängen war. S. auch Dezimalsystem. *F. Plato.*

Durana-Metall, eine von der Firma Hupertz & Harkort, Dürener Metallwerke, in neuerer Zeit in den Handel gebrachte Kupferlegirung, deren Zusammensetzung von dem jeweiligen Verwendungszweck abhängig ist. Die Farbe des Durana-Metalls ist die einer schönen Goldbronze. Durch Beizen lassen sich die verschiedensten Nuancirungen erzielen. Der Bruch des einfach gegossenen Stückes ist dicht und feinkörnig, derjenige des gewalzten bezw. geschmiedeten Stückes im weichen (geglühten) Zustande seidenglänzend-sehnig, im gehärteten Zustande seidenglänzend-feinkörnig. Das spez. Gew. beträgt 8,3, ist also geringer als das von Rotguss, Phosphor- und Manganbronze. Der Schmelzpunkt liegt zwischen 950° und 1000° C., das Schwindmass beträgt 0,00185. Die Legirung lässt sich in kaltem, besonders aber in rotwarmem Zustande ebenso leicht schmieden, stanzen und stauchen wie Schmiedeeisen. Wie allen nicht rostenden Legirungen fehlt dem Durana-Metall die Schweissbarkeit. Je nach der Verarbeitung in gewalztem bezw. geschmiedetem Zustande ergibt die Legirung die Resultate beistehender Tabelle.

	Zerreissfestigkeit pro qmm	Streckgrenze pro qmm	Dehnung auf 100 mm
Hart	63 kg	52 kg	9 %
Halbhart . .	51 „	42 „	12 %
Weich . . .	40 „	35 „	31 %
Ganz weich .	32 „	14 „	50 %

Versuche der kaiserl. deutschen Marine, welche seit einigen Jahren Durana-Metall in grösserem Massstabe in der Torpedofabrikation verwendet, ergeben stellenweise noch höhere Werte für die Zerreissfestigkeit. Unter Berücksichtigung der grösseren Festigkeit und des geringeren spez. Gewichtes stellt sich der Preis der Legirung um ca. 25—30% niedriger als der des Rotgusses und der Phosphorbronze. Wegen der grossen Widerstandsfähigkeit des Metallgemisches gegen Oxydation, namentlich durch Seewasser, empfiehlt sich seine Verwendung besonders für Marinezwecke.

Litteratur: Dürre, Ueber Durana-Metall im Vergleich zu den neueren schmiedbaren Kupferlegirungen, Aachen 1895. *Fünfstück.*

Durchbiegung, s. Biegungslinie und Einsenkung.

Durchbiegung des Fernrohrs und grosser Vertikalkreise. Durchbiegung des Fernrohrs bezeichnet gewöhnlich die Veränderung der Ziellinie eines auf seiner Kippaxe gelagerten Fernrohrs eines astronomischen oder grossen geodätischen Instruments infolge der durch die Schwerkraft bewirkten geringen Herabbiegungen des Okular- und Objektivteils des (geraden) Fernrohrs; die Höhenwinkel werden um so viel unrichtig als der Unterschied dieser Herabbiegungen an der Richtung der Ziellinie verändert. Dieser Unterschied kann bei nahe gleichem und gleich verteiltem Gewicht der beiden Teile sehr gering werden; in jedem Fall ist die Grösse der Durchbiegung vom Höhenwinkel der Zielung abhängig. Bei axial gebrochenem Fernrohr aber ist zu beachten, dass das Okular bei allen Höhenwinkeln denselben Punkt einnimmt und somit die ganze Herabbiegung des Objektivteils den Höhenwinkel entstellt.

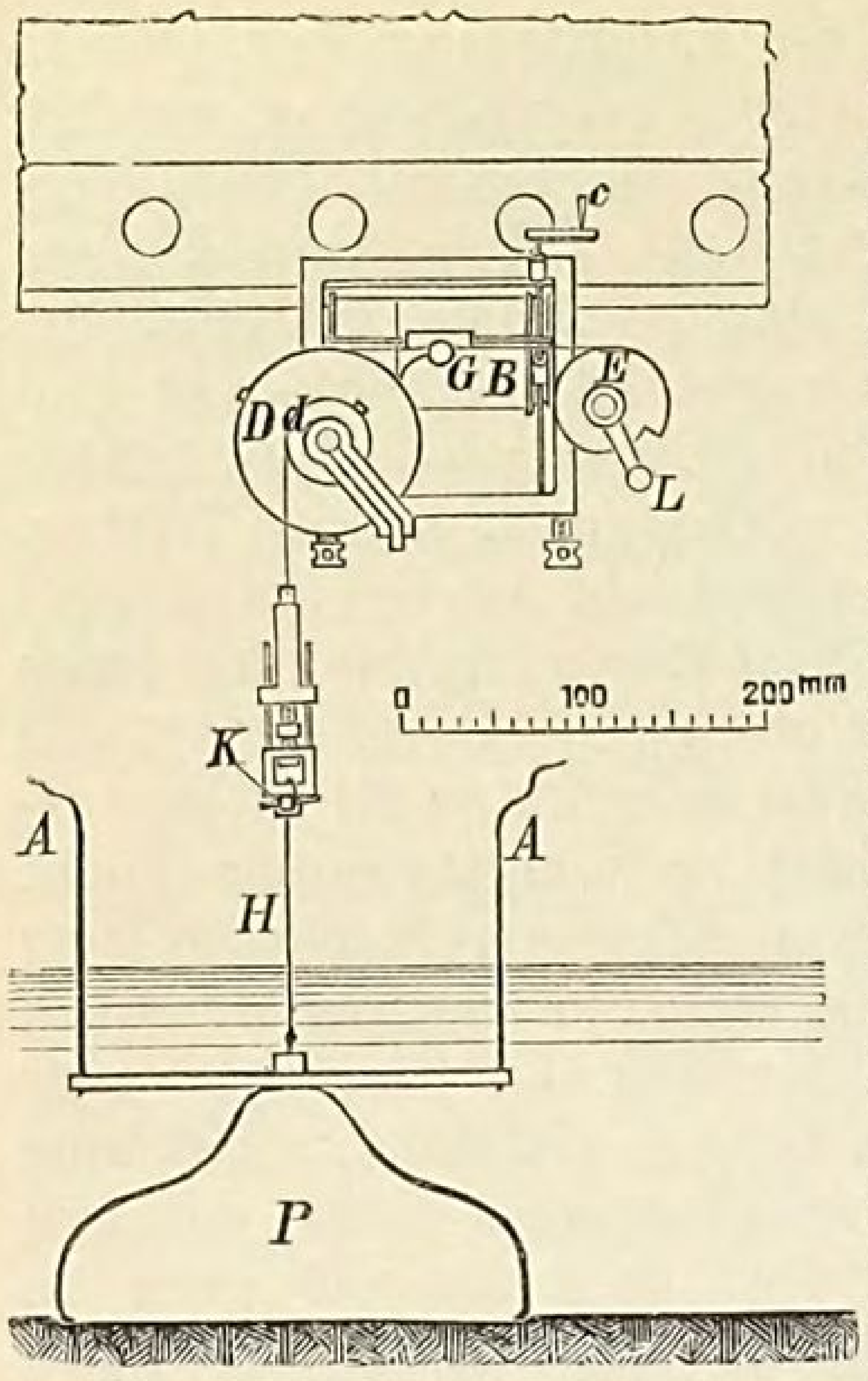
Für Horizontalwinkel kommt bei zentrischem geradem Fernrohr die Durchbiegung überhaupt nicht in Betracht, ist also z. B. für ein Durchgangsinstrument mit geradem Fernrohr ohne Höhenkreis gleichgiltig. Für die Höhenwinkel ist bei nach dem Zenith gerichtetem Fernrohr die Durchbiegung 0, bei horizontal gerichtetem Fernrohr ein Maximum α, bei der Zenithdistanz z (Höhenwinkel h) gleich $\alpha \, . \sin z$ ($= \alpha . \cos h$) zu setzen. Es gibt verschiedene Methoden, die Werte der Durchbiegung grosser Fernröhren zu bestimmen, mit Hilfe von Kollimatoren und anderer besonderer Apparate; vergl. [1] bis [3]. Eine einfache Methode zur Elimination der Biegungsfehler hat Hansen vorgeschlagen [4] und Repsold vielfach ausgeführt: an grossen, geraden Fernröhren astronomischer Instrumente, von Meridiankreisen z. B. kann man Okular- und Objektivende so einrichten, dass Okular und Objektiv an den Enden der Röhre vertauschbar sind (wobei nur immer aufs neue der Nadirpunkt des Höhenkreises zu bestimmen ist). Bei grösseren Instrumenten ist (axial) gebrochenes Fernrohr misslich: die Durchbiegung ist hier, wie oben angedeutet, viel grösser als bei geradem Fernrohr; vergl. hierzu [5] bis [8]. Zudem bewirkt hier die Durchbiegung der Kippaxe (Horizontalaxe) des Instruments, im Gegensatz zu den Instrumenten mit geradem Fernrohr, auch Veränderung der Ziellinie in horizontalem (azimutalem) Sinne. Für geodätischen Gebrauch grösserer Universalinstrumente kommt dies allerdings nicht in Betracht, da die terrestrischen Azimutdifferenzen davon nicht beeinflusst werden; es ist hier vielmehr nur bei feinen Höhenwinkelmessungen die Biegungskorrektion anzubringen. Ueber die Korrektion eines Durchgangsinstruments mit gebrochenem Fernrohr wegen Durchbiegung der Kippaxe vergl. ausser der schon genannten Litteratur besonders [8], auch noch z. B. [9]. Ein Versuch, die ganze Durchbiegungsfrage auf Grund der Elastizitätstheorie zu behandeln, ist von Baggi gemacht worden [10]. Bemerkenswert ist die Konstruktion der „biegungsfreien Fernröhren“ an den neueren tragbaren Passageninstrumenten mit gebrochenem Fernrohr (vergl. d. Art. Durchgangsinstrumente) von A. Repsold & Söhnen in Hamburg. („Aufhebung des Gewichts der Fernrohraxe“; seit 30 Jahren von Repsold durchgeführt, später auch von Bamberg u. a.). — Nicht nur das Rohr, die Kippaxe, und damit die Ziellinie eines grossen Fernrohrs erleiden die angedeuteten merklichen Durchbiegungen, sondern auch an grossen, vertikal stehenden, geteilten Kreisen bewirkt die Schwerkraft Formveränderungen, die für feine Ablesung wahrnehmbar werden, wie zuerst Pond 1806 an einem Greenwicher Quadranten nachwies; über diese Korrektion der Zenithdistanzablesungen vergl. z. B. [11] bis [13].

Litteratur: [1] Bessel, Eine neue Methode, die Biegung der Fernröhre astronomischer Instrumente zu bestimmen, Astron. Nachr., Bd. 3, S. 209; auch Abhandlungen, herausgegeben von Engelmann, Bd. 2, Leipzig 1876, S. 43. — [2] Brünnow, Lehrbuch der sphär. Astronomie, 4. Aufl., Berlin 1881, S. 438—445. — [3] Beispiel zur Bestimmung der Biegungskonstanten mit Hilfe zweier Kollimatoren oder eines Kollimators für das gebrochene Fernrohr eines 12zölligen älteren Theodolits vergl. Herr-Tinter, Lehrbuch der praktischen Astronomie, Wien 1887, S. 268—271 (Resultat: Horizontal-Biegungskonstante 5″,1, also sehr bedeutend; bei neueren Fernrohrkonstruktionen kommen auch bei gebrochenem Fernrohr an transportabeln Instrumenten kaum mehr Biegungskonstanten > 2″ vor), und andere Lehrbücher der praktischen Astronomie. — [4] Hansen, Astron. Nachr., Bd. 17, S. 70; vergl. ferner auch Gould, Proc. Americ. Ass. Advanc. of Sc., 10. Meeting, S. 116. — [5] Gruey, Recherches sur la flexion de la lunette méridienne, Paris 1870. — [6] Harkness, On the flexure of meridian instruments, Washington 1886 (auch als App. III der Washingtoner Beobachtungen für 1882); Zahlenangaben für einige Instrumente hiernach und nach eigenen Beobachtungen auch z. B. bei Rajna, Azimut assoluto del Monte Palanzone in Milano, Mailand 1887, S. 120, u. a. v. a. O. — [7] Plantamour et Orff, Diff. Long. Genève-Bogenhausen, 1877, S. 61 u. 64. — [8] Clarke, Memoirs of Roy. Astron. Society, Abt. II, Bd. 37 (1869—70), S. 59 ff. (sehr wichtig). — [9] Doolittle, Treatise on Practical Astronomy, 4. Aufl., New-York 1893, S. 335—338. — [10] Rivista di Matem. (Peano), Bd. 4 (1894), S. 173—185. — [11] Bessel, Ueber die aus der Schwere hervorgehenden Veränderungen, die der Kreis eines astronomischen Instruments in der lotrechten Lage seiner Ebene erfährt, Astron. Nachr., Bd. 25, S. 1, oder Abhandlungen, Bd. 2 (s. oben), S. 182—202. — Kurz bei [12] Brünnow, a. a. O., S. 437—438, und in anderen Lehrbüchern der sphärischen und praktischen Astronomie, oder bei [13] Sawitsch, Praktische Astronomie (deutsch von Peters), Leipzig 1879, S. 207—214, wo die Wirkungen der oben genannten Durchbiegungen zusammengefasst sind.

Hammer

Durchbiegungskurve, -linie, s. Biegungslinie, Bd. 2, S. 382.

Durchbiegungsmesser und -zeichner. Die Ermittelung der Durchbiegungen eiserner Brücken unter der Betriebs- oder Probebelastung erfolgt, indem man entweder in der Mitte unter dem Bauwerk, am besten durch Versenken eines schweren Gewichtes, einen festen Punkt schafft und die Bewegungen der Mitte gegen diesen Punkt und die Senkungen der Auflager getrennt beobachtet, oder indem man zwischen den Auflagern einen Draht ausspannt und hieran die Messvorrichtungen zur Bestimmung der Durchbiegung befestigt. Diese Vorrichtungen bestehen in der einfachsten Form aus senkrecht stehenden Latten, sogen. Setzlatten. Klopsch führt von einem versenkten Gewicht aus den belasteten Draht über eine an der Brücke befestigte Rolle und liest deren Drehung als Mass für die Durchbiegung an einem feststehenden Zeiger ab [1]. — Pfeuffer legt das obere Ende des schlaff hängenden und unten mit einem versenkten Gewicht verbundenen Drahtes an dem Bauwerk fest und bringt an ihm an einer leicht zugänglichen Stelle mit Hilfe von zwei gelenkartigen Klemmen eine kräftige Schraubenfeder an, welche den Draht unter Bildung einer losen Schleife straff anspannt. Die obere Klemme, welche sich bei Durchbiegung des Bauwerkes der untern Klemme nähert, trägt ein mit Papier belegtes Lineal, die untere Klemme einen Schreibstift und die Linealführung. Die Durchbiegung wird somit auf dem Papierbelage des Lineals selbstthätig verzeichnet. Um diese Aufzeichnung im doppelten Massstabe zu bewirken, wird der Draht nicht an dem Bauwerk befestigt, sondern über eine Rolle nach einem Punkt unterhalb der Spannfeder wieder zurückgeführt [2]. — Brill leitet von einem festen Punkt des einen Endständers einen Draht über eine Rolle am andern Endständer des Trägers, spannt ihn durch ein Gewicht an und bestimmt die Senkungen der einzelnen Vertikalen gegen diesen Draht [3]. Störend auf die Zuverlässigkeit der Messungen wirken bei allen diesen Vorrichtungen die Aenderungen der Drahtlängen infolge von Wärmeschwankungen während des Versuches, sowie die Bewegungen des Drahtes durch Wind und durch den Wasserlauf unter dem Bauwerk. — Die Schlauchwage von Seibt besteht aus zwei, durch einen Gummischlauch verbundenen Standgläsern, die mit Wasser gefüllt sind und am untern Ende mit Quecksilber beschwerte Schwimmer aus schwarzem Glase enthalten. An den Hauptträgern der Brücke werden abgedrehte Cylinder wagrecht befestigt, die Standgläser auf diese Festpunkte gesetzt und der Reihe nach die Höhenunterschiede von immer zwei derselben durch Uebervisiren über die Schwimmer mit Hilfe eines besonderen Kathetometers vor und nach der Belastung bestimmt [4], [5]. Auf Ermittelung der Lage von Festpunkten zu einander, die in einer Geraden an den Trägern des Bauwerkes gekennzeichnet sind, vor und nach der Belastung oder nach einer gewissen Betriebsdauer, beruht auch die Anwendung eines neuen Apparates mit Doppelfernrohr von Leuner, der zu den wiederholten Messungen immer wieder in denselben angebohrten Körnerpunkten unmittelbar an die einzelnen Glieder des Bauwerkes angelegt wird. Der wagrechte Tubus des Fernrohres trägt an beiden Enden mittelst Trieb und Zahnstange verschiebbare Objektive und in der Mitte zwischen diesen einen senkrecht zur Tubusaxe stehenden Rohransatz mit dem wieder wagrecht stehenden Okularrohr. In dem Tubus sind dem Rohransatz gegenüber zwei sich kreuzende Spiegel und in dem Rohransatz ist dem Okular gegenüber ein schräge stehender Spiegel angebracht. Auf diese Weise werden die durch die Objektive einfallenden Strahlenbündel durch die drei Spiegel nach dem Okular hin so abgelenkt, dass die Bilder der in den beiden Gesichtsfeldern des Fernrohres stehenden Objekte gleichzeitig sichtbar werden. Der Tubushalter ist gegen zwei Massstäbe senkrecht und wagrecht zu verschieben und seine Stellungen sind an den Massstäben abzulesen. Beim Gebrauch wird der Apparat nach und nach an den einzelnen Trägern angebracht und beobachtet, welche Stellungen dem Tubushalter gegeben werden müssen, um die Fernrohraxe auf die festen Punkte an zwei anderen Trägern einzustellen. Unterschiede in diesen Stellungen vor und nach der Belastung zeigen die stattgehabten Formänderungen an. Um zwei in verschiedenen Entfernungen stehende Festpunkte gleichzeitig beobachten zu können, ist an Stelle des einfachen Okulars ein Fernrohr mit zwei halben Objektiven anzubringen, die jedes für sich verstellbar sind.



Zur Aufzeichnung des ganzen Verlaufes der Durchbiegung dient der Durchbiegungszeichner von Fränkel. Bei ihm wird ein Schreibstift mit dem doppelten Betrage der zu messenden Durchbiegung vor einer mit Papier belegten Trommel in deren Längsrichtung fortbewegt, welcher eine gleichbleibende Umdrehungsgeschwindigkeit erteilt wird. Hierdurch entsteht auf dem Papier eine Schaulinie, deren Koordinaten die doppelte Durchbiegung und die Dauer des Versuches darstellen. Der Apparat wird in der Mitte an dem zu untersuchenden Träger befestigt. Als Festpunkt dient ein versenktes Gewicht, von dem ein angespannter Draht zu dem kleinen Umfang einer Stufenscheibe führt, an deren grösserem Umfange ein Stahlband als Träger des Schreibstiftes festgelegt ist. Die beiden Scheibenumfänge verhalten sich wie 2 : 1. Bei der ältern Bauart war der Apparat mit einer besonderen Kompensationsvorrichtung zum Ausgleich des Einflusses der Wärmeschwankungen auf die Länge des Messdrahtes versehen [6], [7]. Unter Fortlassung der letzteren hat der Apparat neuerdings die in nebenstehender Figur dargestellte vereinfachte Form erhalten. *P* ist das an den Leinen *A* versenkte Gewicht, von dem der Draht *H* zu der Spannvorrichtung *K* führt, die durch ein am Umfange der Scheibe *d* festgelegtes Stahlband getragen wird. Zwischen den Scheiben *D* und *E* ist ein zweites Stahlband mit dem Schreibstift *G* ausgespannt, unter dem sich die durch die Handkurbel *c* mit Schneckenrad zu drehende Trommel *B* befindet. Die Anspannung des zweiten Stahlbandes erfolgt durch Drehung der Kurbel *L* unter Aufziehen einer in *E* gelegenen Feder [8].

Litteratur: [1] Annalen für Gewerbe und Bauwesen 1886, Bd. 1, S. 43. — [2] Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure 1890, S. 456. — [3] Annalen für Gewerbe und Bauwesen 1894, Bd. 2, S. 15. — [4] Desgl., 1894, Bd. 1, S. 107. — [5] Zentralblatt der Bauverwaltung 1894, S. 92. — [6] Civilingenieur 1884, S. 466. — [7] Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure 1885, S. 579. — [8] Zentralblatt der Bauverwaltung 1891, S. 270 u. 502. *Rudeloff.*

Durchbinder, ein durch die ganze Mauerstärke reichender Stein; s. Steinverband.

Durchblasevorrichtung, s. Schiffskessel.

Durchbolzen, zwei oder mehrere Hölzer, z. B. verzahnte Balken durch Bolzen (s. d.) von Eisen mit einander verbinden bezw. verschrauben.

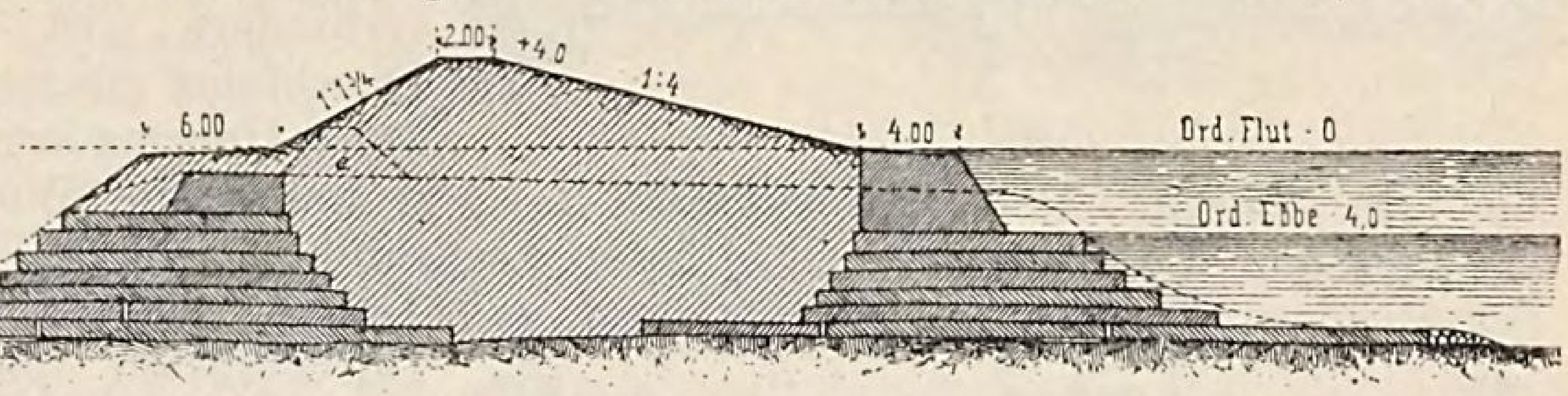
Durchbolzen, s. Schiffbau.

Durchbrechen, eine Arbeit, welche bei den verschiedensten Stoffen, wie Holz, Stein und gebrannten Steinen, Metall u. s. f., zur Anwendung kommt, teils zur Verzierung und Belebung einer Fläche, teils zur Erleichterung der Masse. Damit die Musterung einer durchbrochenen Arbeit von guter Wirkung sei, wird sie den Gesetzen der Symmetrie, Ordnung und Unterordnung entsprechen müssen und so anzuordnen sein, dass sich Masse und Durchbrechung gleiches Mass halten. *Weinbrenner.*

Durchdeichung. Handelt es sich um Schliessung einer Durchbruchstelle, so wird man möglichst von der Ausführung einer „Auslage“ (s. d.) absehen. Ob es richtiger ist, eine „Durchdeichung“ oder eine „Einlage“ (s. d.) auszuführen, d. h. den Deich entweder in die alte Linie oder so zu legen, dass der entstandene Kolk an die Aussenseite des neuen Deiches zu liegen kommt, hängt von den örtlichen Verhältnissen, insbesondere auch von den Kosten ab. Ist die Tiefe des Kolks nicht allzu gross, so wird man — namentlich bei Seedeichen — der Durchdeichung den Vorzug vor der Einlage geben, weil letztere eine trichterförmige, das Auflaufen der Wellen begünstigende Bucht bildet; andererseits ist freilich bei der Einlage ein allmähliches Verschlicken des Kolkes zu erwarten. — Mit der Ausführung jeder grösseren Durchdeichung kann erst begonnen werden, wenn die aus- und eintretende Strömung der Durchbruchstelle beseitigt oder doch stark beschränkt ist. Bei Strombrüchen und bei Grundbrüchen, deren Sohle unter der gewöhnlichen Fluthöhe liegt, nimmt der aus- und eingehende Strom oft eine bedeutende Stärke an, insbesondere wenn gleichzeitig die Lage der bedeichten Marsch eine tiefe ist. Er trägt dann zur fortwährenden Erweiterung und Vertiefung der Bruchstelle bei, die durch weiche Beschaffenheit des Untergrundes gefördert wird. Die Beseitigung dieser Strömung erfolgt durch Anlage eines Kajedeiches, der an die unbeschädigten Stellen

des Hauptdeiches anschliesst und je nach den örtlichen Verhältnissen als Auslage oder Einlage hergestellt wird. Gleichzeitig hat er die Marsch während der Bauzeit der Durchdeichung zu schützen und ist deshalb 2—3 m über gewöhnliche Flut zu führen.

Steht trockene Erde zur Verfügung, so wird er in 3—4facher Aussen- und 2facher Innenböschung hergestellt und am Fuss der Aussenseite durch Bestickung, Bespreutung oder eine Faschinendecke gesichert. Bei weichem Boden empfiehlt sich eine Einfassung des Erdkörpers durch Faschinendämme. Fehlt gute — namentlich auch trockene — Erde, so muss der Kajedeich in der Form eines Kastenfangedammes hergestellt werden.



Unter schwierigen Umständen werden selbst zwei solcher Dämme nach einander nötig, um die Strömung allmälich zu vermindern; auch kann sich zu diesem Zwecke eine Erweiterung der Durchbruchstelle empfehlen.

Nach Herstellung des Schutzdeiches erfolgt die Ausführung der Durchdeichung zwischen zwei Faschinencoupirungen (s. Fig.). Diese bestehen bis zur Niedrigwasserhöhe aus Sinkstücken, darüber aus Packwerk und haben eine Kronenbreite von 2,5—4 m, an der Aussenseite $1\frac{1}{2}$—2fache, an der Innenseite $\frac{3}{4}$—1fache Anlage. Die unteren Sohlstücke sind möglichst weit nach aussen, nicht nach innen vorzuschieben, weil im letzteren Falle ein völliges Dichtwerden erschwert und ein längeres Nachsenken bewirkt wird. Die Faschinenpackung an der Innenseite braucht nur den inneren Erdkörper zu stützen, kann also eine geringere Ausdehnung erhalten als die Aussenseite. Wollte man die Innenseite ganz aus Boden herstellen, so würde der Bedarf desselben ein viel grösserer und seine Beschaffung, die in der Regel durch Schiffstransport erfolgen muss, meistens teurer werden als die Mitverwendung von Faschinen. — Zuerst wird die Aussenberme, dann die Binnenberme und schliesslich die Erdschüttung hergestellt, letztere von einer Seite nach der andern fortschreitend, um den beim Einschütten sich bildenden Schlamm auf der Sohle fortzuschieben. Bei grösserer Länge des Dammes erfolgt die Durchschüttung zunächst in der Höhe des mittleren Wasserstandes; darauf die Herstellung bis zur endgiltigen Höhe unter Berücksichtigung des Sackmasses. *Frühling.*

Durchdringungskurve, die Schnittkurve zweier Flächen $f = 0$ und $\varphi = 0$. Sie ist bestimmt durch das simultane System: $\left\{\begin{matrix} f = 0 \\ \varphi = 0 \end{matrix}\right\}$. Tangente der Kurve in einem Punkt ist die Schnittlinie der Tangentialebenen der Flächen in dem betreffenden Punkt. Im Berührungspunkt zweier Flächen hat die Durchdringungskurve einen Doppelpunkt. Die Durchdringungskurve eines Flächenmantels mit einem Mantel derselben Fläche wird als Selbstschnitt der Fläche oder als Doppelkurve bezeichnet. Doppelgerade ist eine geradlinige Doppelkurve. *Wölffing.*

Durchfahrt, ein durch ein Gebäude führender Fahrweg, meist an seinen Enden durch Thorbögen begrenzt, welche durch hölzerne Thorflügel oder Eisengitter abgeschlossen werden können. Die geringste Breite beträgt = 2,5 m. Der Bodenbelag sollte, um das Wagengerassel zu dämpfen, aus Asphalt oder aus Holzpflaster bestehen. — Bei Wohngebäuden bildet die Durchfahrt zugleich den Haupteingang, von welchem aus der Zugang zu den einzelnen Stockwerken erfolgt. Bei grösseren Gebäuden können neben der Durchfahrt noch ein oder zwei Durchgänge für Fussgänger angeordnet werden. Um letztere gegen das Fuhrwerk zu schützen, sollten die Gehwege mindestens um einen Tritt höher gelegt werden.

Durchfahrt bei Deichen. Kreuzt stärkerer Verkehr eine Deichlinie, so kann es sich zur Vermeidung einer zu grossen verlorenen Steigung empfehlen, den Weg nicht in der Form von Anrampungen über den Deich fortzuführen, sondern eine Durchfahrt, „Deichlücke“ oder „Deichscharte“ anzuordnen. Die Sohle derselben liegt jedoch nur selten in Höhe des anliegenden Terrains, häufiger etwa auf halber Deichhöhe, um einem plötzlichen Ansteigen des Wassers zu

begegnen. Zur Abhaltung höherer Fluten werden in Flussdeichen zwei Dammfalze in den massiven Seitenmauern der 3—5 m weiten Durchfahrten ausgespart, in welche man von oben Dammbalken herablässt und den 1—1,5 m weiten Zwischenraum mit Mist oder Klaiboden ausfüllt (vergl. Fig. 1 u. 2). Um das Durchdringen des Wassers unter den Dammbalkenlagen zu verhindern, ist die Sohle der Durchfahrt massiv herzustellen und durch Herdmauern in ausreichender Tiefe zu sichern. Diese Mauern sind 1—2 m hinter die Wangenmauern fortzusetzen und dort zugleich als Pfeiler hochzuführen, damit der Bildung von Wasseradern zwischen Wangenmauern und Deichkörper vorgebeugt wird. — Durchfahrten von mehr als 5 m Breite in Flussdeichen werden zweckmässig zur Zeit der Fluten in zwei Teile zerlegt. Dies geschieht durch Anwendung von Mittelstielen, welche in ausgesparte (gewöhnlich durch gusseiserne Abdeckungen geschlossen gehaltene) Oeffnungen im Sohlenmauerwerk eingesetzt und nur durch Querzangen verbunden werden. Wegen des raschen Eintretens von Sturmfluten wird die Anlage von Durchfahrten in Seedeichen möglichst vermieden und auf solche Stellen beschränkt, wo eine weitere Sicherheit durch die Deiche der ausserhalb der Durchfahrt liegenden Polder geboten wird. Auch in diesem Falle empfiehlt es sich jedoch, die Sohle nur in halbe Deichhöhe zu legen; ausserdem aber neben den Dammfalzen noch Stemmthore anzuordnen. *Frühling.*

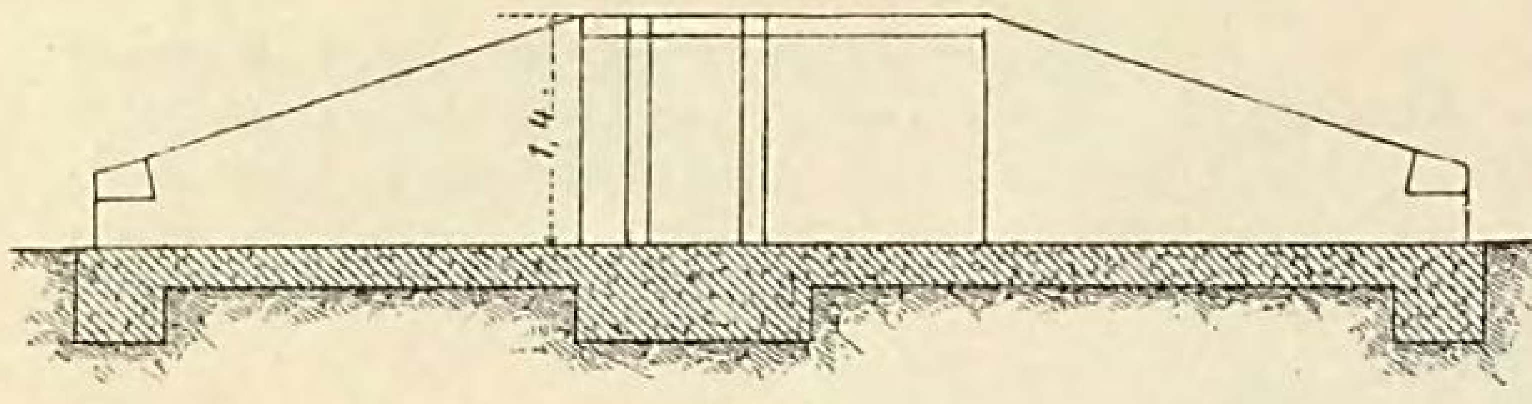


Fig. 1.

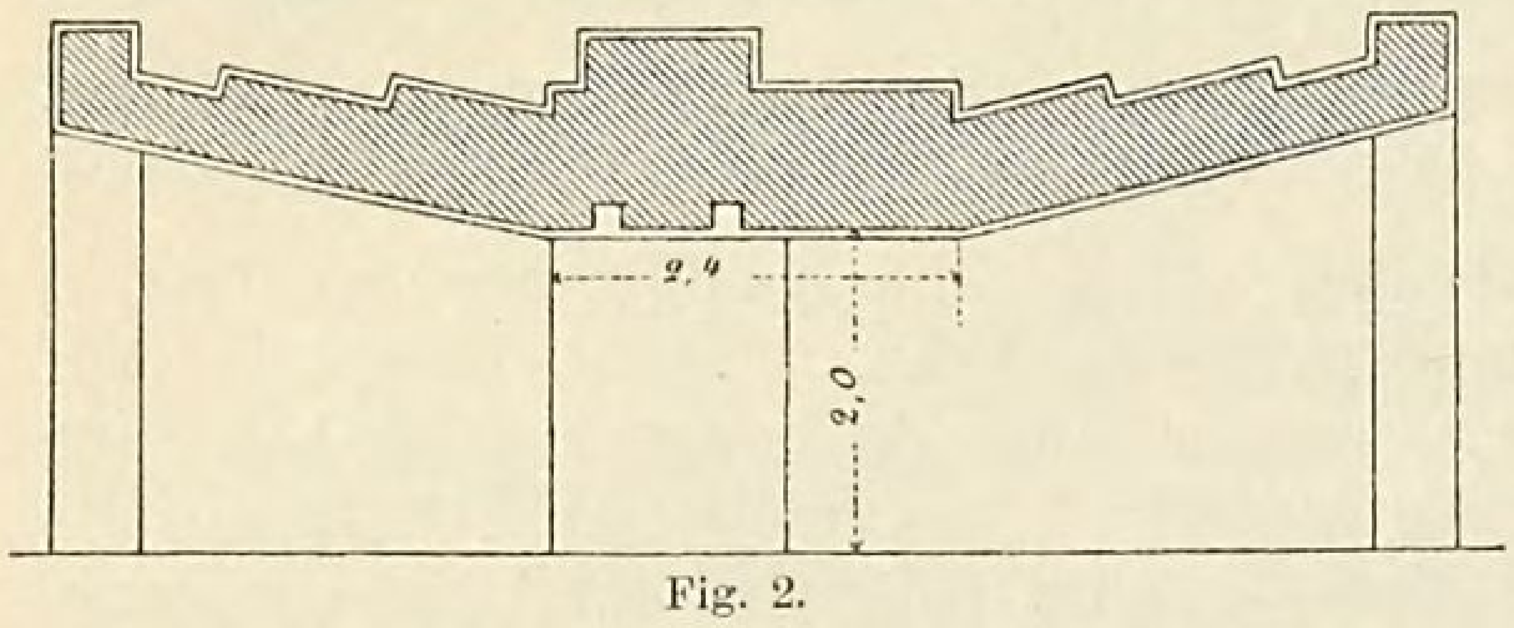
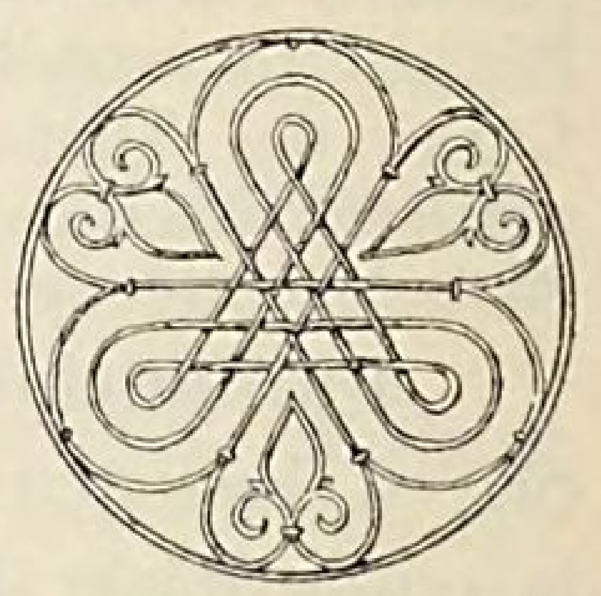


Fig. 2.

Durchfall, in der Mehlfabrikation derjenige Teil eines gesiebten Materials, welcher durch die Sieböffnungen hindurchgefallen ist, im Gegensatz zum Uebergang, welcher am Ende des Siebes ankommt, ohne durch die Oeffnungen gefallen zu sein.

Durchflechten ist eine Art der Verbindung von Eisenstäben, welche weniger Steifheit hervorbringt als das Durchschieben (s. d.). Besonders bei Füllungsgittern (s. Fig.) wurde das Durchflechten in früherer Zeit viel gebraucht und zwar zur Zeit der Renaissance in Italien. In allen Museen, wie auch in den Werken, welche alte Kunstschmiedearbeiten vorführen, finden sich zahlreiche Beispiele von Durchflechtungen. *Hoch.*



Kreisfüllung in deutscher Renaissance (Sanct Salvator in Prag).

Durchflussprofil, die mittelst der Brücken und Durchlässe in Wegen, Eisenbahnen und ähnlichen Anlagen erforderliche Querschnittsgrösse des für den Abfluss des Wassers offen zu haltenden Raumes, somit das grundlegende Mass für jedes derartige Bauwerk.

Das Durchflussprofil ist zunächst als Querschnittsgrösse ein Flächenmass, dessen Bildung aus Weite und Tiefe — in der Regel als Rechteck oder doch nahezu als solches — zwischen diesen beiden Faktoren des Produkts eine gewisse Freiheit der Wahl zu lassen scheint. Diese Freiheit besteht jedoch nur dann in Wirklichkeit oder wenigstens in gewissen Grenzen, wenn der durchzuführende Wasserlauf sehr klein, vielleicht nur zeitweise gefüllt ist und sehr starkes Gefälle hat, so dass eine geringe Veränderung der Höhenlage des Wasserspiegels durch Einbau des Durchlasses, ein Aufstau, nur auf ganz geringe Länge hin wirkt und daher unschädlich bleibt. Das ist im allgemeinen nur im Gebirge und Hügellande und auch da keineswegs immer der Fall. In solchen Fällen handelt es sich — namentlich im Hochgebirge — oft mehr um rasche Abführung plötzlich herabkommender Schuttmassen mittelst eines reichlichen, offenen Querschnittes über stark fallender, glatt abgepflasterter Sohle als um Durchführung der dann meist nur kleinen Wassermenge, die bei so steilem Gefälle nur geringer Weite bedarf. Dann kann also in der That die grössere Höhe des Durchlasses die Weite teilweise ersetzen. Andererseits kann aber auch im Hochgebirge — z. B. bei Ueberschreitung von Lawinengängen — eine sehr grosse Weite nötig sein, wenn man nicht in der Lage ist, in sicherer Weise den Lawinengang über die Bahn (Strasse) hinweg zu leiten oder ihn mittelst Tunnels zu unterschreiten. — Ganz anders pflegen die Verhältnisse dagegen bei mässigem und schwachem

Gefälle, im Flach- und oft auch im Hügellande zu liegen, wenn es sich um Ueberbrückung eines deutlich vorhandenen, zumal eines grösseren oder gar schiffbaren Wasserlaufs handelt. Alsdann kann selbst ein geringer Aufstau von einem oder wenigen Dezimetern Höhe auf längere Strecke hinauf in schädlicher Weise fühlbar werden und zwar um so weiterhin, je flacher das Gefälle ist. Dann muss also die Durchflussweite unter dem gegebenen höchsten Wasserspiegel so bemessen werden, dass auch die grösste in der Sekunde zuströmende Wassermenge mit Sicherheit in derselben Zeit abgeführt wird, ohne den Wasserspiegel merklich zu erhöhen. In solchen Fällen können, falls nicht andere sichere Anhaltspunkte (s. u.) zur Bestimmung der Weite vorliegen, eingehende rechnerische Untersuchungen über die grösste Wassermenge Durchflussgeschwindigkeit und Stauhöhe erforderlich werden. Bei grossen Flüssen werden sich diese Untersuchungen namentlich auf die Verteilung der Hochwassermenge (s. Hochwasser) zwischen Strombrücke und Flutbrücke erstrecken, um die nötige Durchflussweite der Flutöffnungen auf dem Vorlande zu ermitteln, während die Weite der eigentlichen Strombrücke in kultivirten Ländern bereits in ziemlich engen Grenzen durch vorhandene Umstände gegeben zu sein pflegt.

Anhaltspunkte zur Bestimmung der Durchflussweite bieten zunächst die in der Nähe der Baustelle schon vorhandenen Oeffnungsweiten, für dieselben Wasserläufe, namentlich, wenn sie nahe unterhalb liegen, da sie dann mindestens die gleiche Wassermenge abzuführen haben. Aber auch oberhalb liegende Brücken können benützt werden, wenn man die etwa noch hinzukommenden Wasserläufe und Niederschlagsflächen berücksichtigt. Immer aber muss man sich vergewissern, ob die bestehenden Durchflussweiten bei grösstem Hochwasser genügt haben, ohne schädlichen Stau zu erzeugen. Auch die regelmässigen, vielleicht schon künstlich geregelten Strecken der Wasserläufe — das sogen. Normalprofil des Flusses — geben oft hinreichend sichere Anhaltspunkte zur Bestimmung des Durchflussprofils. Derartige Grundlagen werden, namentlich in entwickelten Ländern, wo schon viel Wege und Bahnen bestehen, in den meisten Fällen zur Festsetzung der Gesamtweite und oft auch für die der Einzelöffnungen ausreichen. So pflegt bei schiffbaren Flüssen dieser Umstand bestimmte Einzelweiten als notwendig längst ergeben zu haben wobei selbstverständlich auch die grösste Höhe der unbeladenen Fahrzeuge sowie etwaiger Eisgang für die lichte Höhe über Wasser massgebend ist und manchmal zur Herstellung beweglicher Brückenteile zwingt.

In allen irgendwie zweifelhaften Fällen, also namentlich bei schwachem Gefälle des Flusses und bei nicht völlig geregeltem Hochwasserlauf treten dann die erwähnten Berechnungen zur Prüfung der beabsichtigten Durchflussweiten hinzu. Die Bestimmung der Hochwassermenge in der Sekunde geschieht in solchen Fällen — nach Aufmessung der (unter der festzustellenden Hochwasserlinie bestehenden) Strom- und Flutprofile an thunlichst regelmässiger Stelle des Flusses und nach Ermittelung des Hochwassergefälles auf längere Strecke — durch Anwendung einer der verschiedenen Formeln für die Wassergeschwindigkeit (s. Bewegung des Wassers). Dabei ist es zweckmässig, für beide Profilteile (Stromprofil in und über dem Flusse selbst, Flutprofil auf dem Vorlande) getrennt zu rechnen, weil das Verhältnis vom Querschnitt zum Umfang (hydraulische Tiefe) sehr verschieden zu sein pflegt.

Bei kleinen, nicht schiffbaren Wasserläufen mit oft sehr schwankender Wassermenge oder zeitweilig trockenem Bett und bei Thalmulden ohne ausgesprochenen Wasserlauf, also namentlich im Hügel- und Gebirgslande ist man, wenn andere genügende Anhaltspunkte fehlen, auf die Heranziehung des Niederschlagsgebietes angewiesen, welches zu dem betreffenden Bauwerk hin entwässert. Wegen des Näheren s. d. Art. Hochwasser und Anordnung der Brücken, Bd. 1, S. 357, und [1], [2].

Litteratur: [1] Tiefenbacher, Ermittelung der Durchflussprofile, Wien 1888. — [2] Franzius u. Sonne, Wasserbau, Leipzig 1883.

Goering.

Durchflussregulator wird in der Papierfabrikation die zum Reguliren der Menge des der Papiermaschine zufliessenden Papierzeuges dienende Vorrichtung genannt, bei welcher diese Regulirung während des Durchfliessens durch vergrösser- oder verkleinerbare Oeffnungen bewirkt wird; s. Papierfabrikation.

Durchgang, ein auch zum Durchgehen benützbarer Durchlass (s. Durchlässe).

Durchgangshähne dienen zum Absperren von Leitungen, Dampf-, Wasser- etc. Wie bei den Auslaufhähnen unterscheidet man, je nachdem der Abschluss durch einen Konus (Lilie) oder durch ein Ventil bezw. durch eine

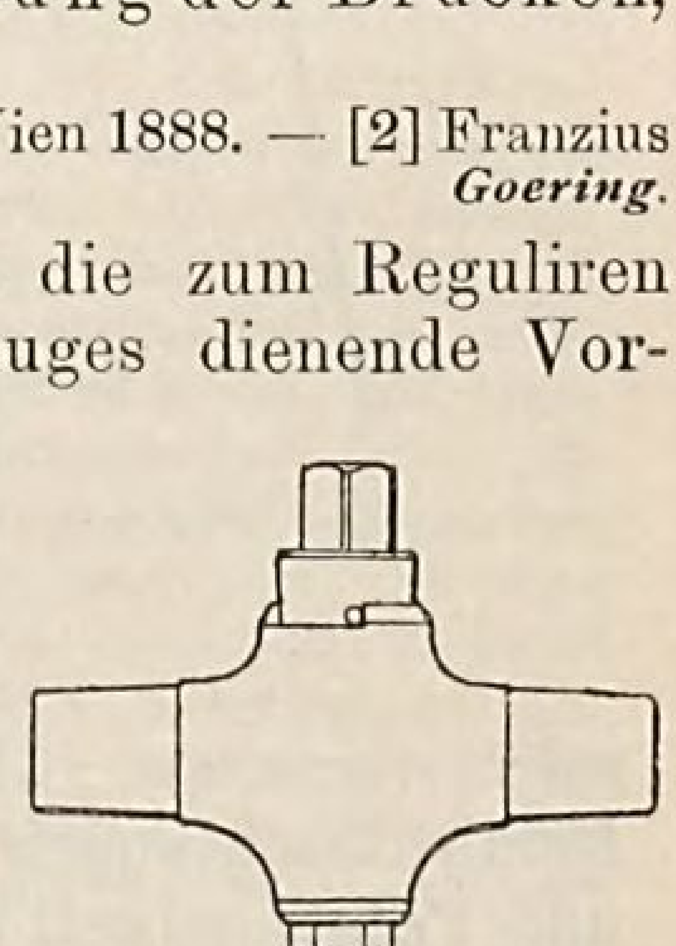


Fig. 1. Kegelhahn.

Gummiplatte erfolgt: Kegeldurchgangshähne, Ventil- und Gumminiederschraubhähne. — Alles, bezüglich der

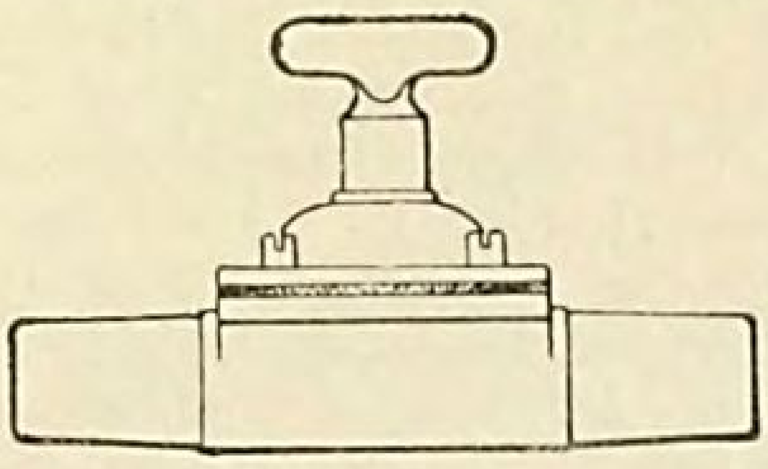


Fig. 2. Gumminiederschraubhahn.

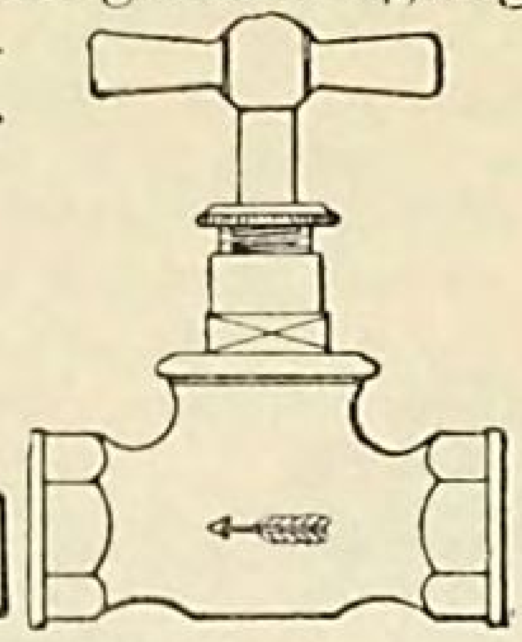


Fig. 3. Ventilhahn.

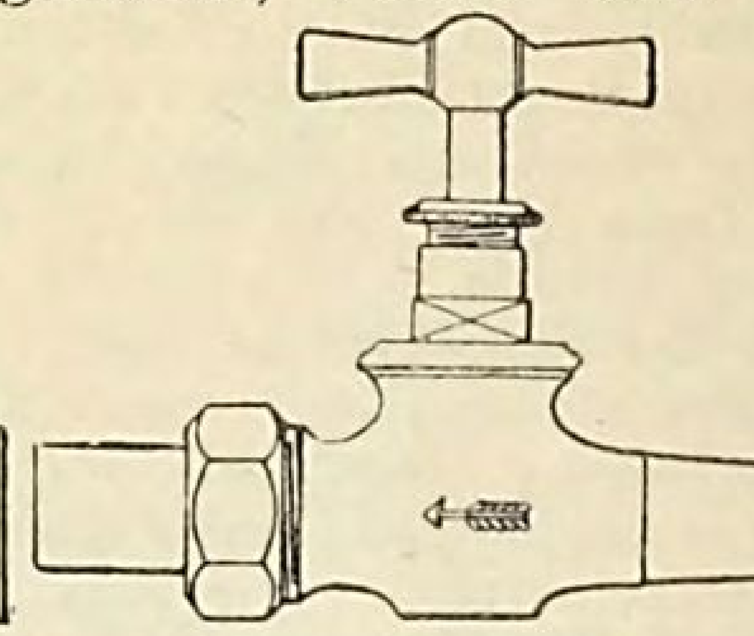


Fig. 4. Ventilhahn.

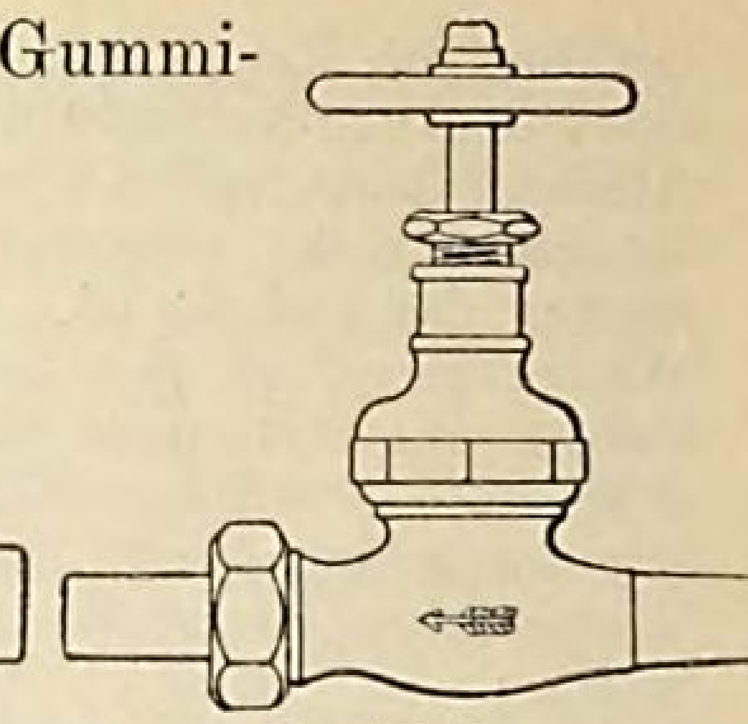


Fig. 5. Ventilhahn (Frankfurter Modell).

Anwendung, Konstruktion und Ausführung dieser drei Systeme unter Auslaufhähne, Bd. 1, S. 597, und Absperrventile, Bd. 1, S. 78, Gesagte gilt auch für die Durchgangshähne. Die Fig. 1—5 stellen einige der gebräuchlichsten Typen von Durchgangshähnen dar. S. auch Kegelhähne. *C. Blecken.*

Durchgangsinstrumente oder Passageninstrumente dienen zur Beobachtung von „Durchgängen“ von Gestirnen durch eine bestimmte Vertikalebene, in der Regel die des Meridians: Mittagsrohr oder Mittagsfernrohr (engl. [Meridian-] Transit, franz. Lunette méridienne). Die Beigabe eines grossen Höhenkreises in dem zuletzt genannten Fall macht das Mittagsrohr zum Meridiankreis (s. d.). Man unterscheidet fest aufgestellte und transportable Passageninstrumente. Die ersteren sind meist grosse Instrumente zur feinsten Zeitbestimmung mittelst Sterndurchgängen durch den Meridian, also so aufgestellt, dass die Ziellinie des Fernrohrs beim Kippen die Meridianebene beschreibt. Die Kippaxe muss also in der Richtung $W—O$ horizontal gelagert sein; die Lager befinden sich meist auf tief fundirten Steinpfeilern; das Instrument ist mit mechanischer Vorrichtung zum Umlegen des Fernrohrs versehen. Die tragbaren Durchgangsinstrumente sind kleinere, auch zu Feldbeobachtungen (auf Steinpfeilern) bestimmte Instrumente für Zeitbestimmung und Polhöhenbestimmung (auch für Azimutbestimmung, vgl. den Schluss d. Art.), mit geradem oder gebrochenem Fernrohr, dessen Kippaxzapfen in Lagern auf einem eisernen Untergestell (Rahmen) liegen.

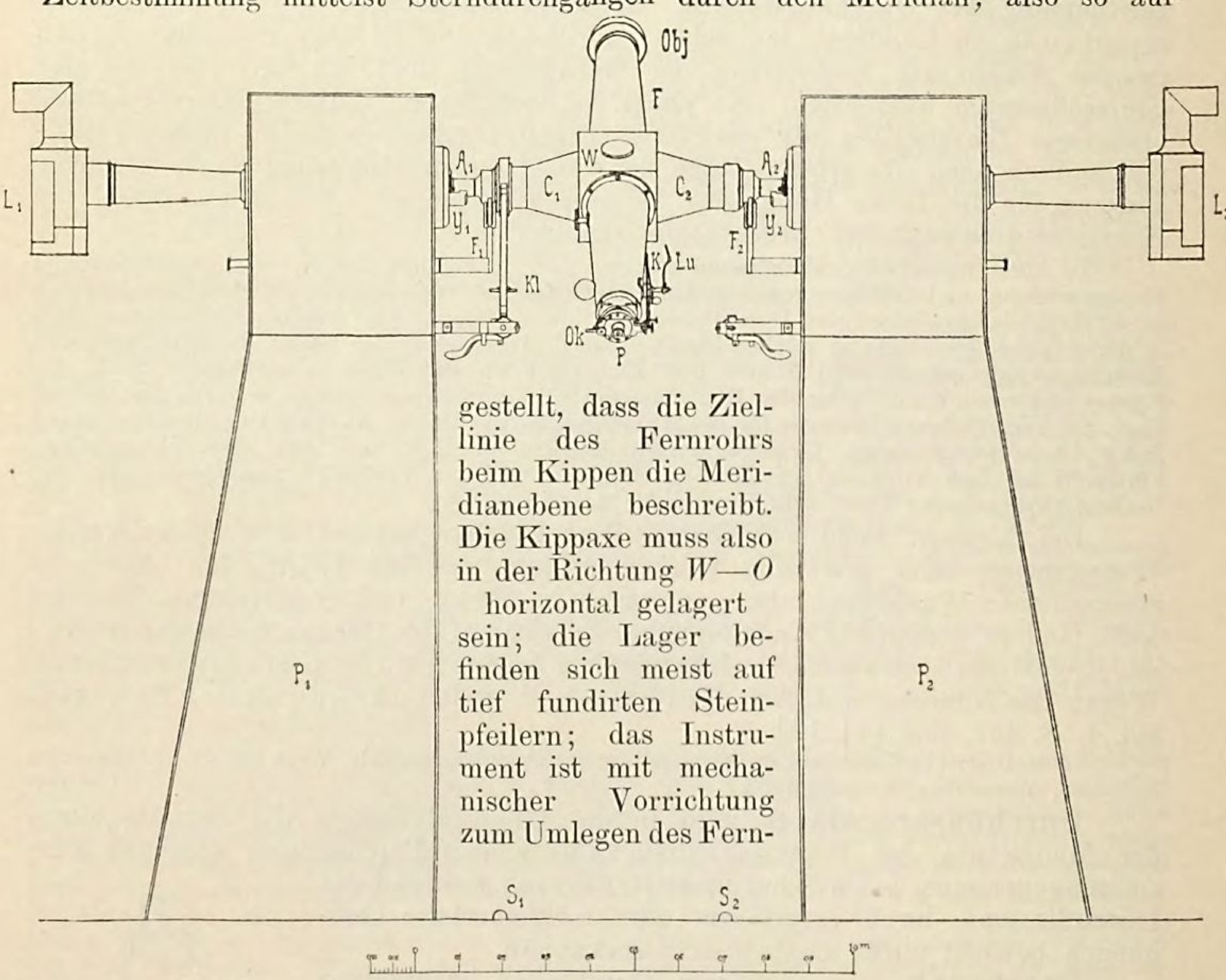


Fig. 1.

Fest aufgestelltes Passageninstrument. Ein Durchgangsinstrument der ersten Art zeigt Fig. 1: Das Instrument der Technischen Hochschule in Stuttgart, von Pistor und Martins angefertigt, in besonderem kleinem Gebäude mit Meridianspalt aufgestellt. Die Lager Y_1 und Y_2 der Zapfen A_1 und A_2 der durchbrochenen Kippaxe $A_1 C_1 W C_2 A_2$ befinden sich am Kopf der massiven Steinpfeiler P_1 und P_2, die in der Höhe von Y_1 und Y_2 durchbohrt sind, um von den Laternen L_1 oder L_2 aus das Fadennetz (s. d. Art.) im Okular mit Hilfe eines kleinen, im Würfel W des geraden Fernrohrs F sitzenden Prismas beleuchten zu können (vgl. den Art. Beleuchtung des Fadenkreuzes). An den Zapfen A_1, A_2 des Instruments ist auch die in der Figur nicht gezeichnete Axenlibelle (vgl. diesen Art., es ist eine Hängelibelle zur Nivellirung der Kippaxe) anzubringen; sie hat bei dem hier vorgeführten Instrument 3,″84 = 0,ˢ256 Empfindlichkeit pro P. L. Das Fadennetz des Instruments besteht aus 11 Vertikalfäden, die vom Mittelfaden (VI) die folgenden Abstände (in Sternzeitsekunden des Himmelsäquators) haben:

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
47,4	31,7	21,0	15,8	10,4	0,0	10,7	16,0	21,3	31,8	47,5.

(Ein Aequatorstern braucht also zur Zurücklegung des Abstandes der beiden äussersten Fäden etwa $1^1/_2$ Minuten; man gibt neuerdings so grossen Instrumenten mehr Fäden, 13, 15, 17, selbst 25); ferner sind nahe bei der Mitte des Diaphragmas in geringem Abstand von einander zwei Horizontalfäden da, zwischen denen man den zu beobachtenden Stern durch das Gesichtsfeld gehen lässt. Der kleine Höhenkreis K (Ablesung auf 1′, Lupe Lu) dient zum Richten des Fernrohrs in den Höhenwinkel, in dem ein bestimmter Stern den Meridian des Aufstellungsorts des Instruments passirt: hat z. B. ein Südstern die Deklination δ, so kulminirt er in der Höhe (zu der aber noch die Refraktion kommt) $(90^0 - \varphi + \delta)$ über dem Südpunkt des Horizonts. Um bei allen Erhebungen des Fernrohrs bis zum Zenith bequem beobachten zu können, ist dem Okular ein Prisma P vorgesteckt; es ist ferner ein Schlitten zur Verschiebung des Augenglases mit dem Prisma verbunden zur Vermeidung der Fadenparallaxe. Die Klemme für die Vertikalbewegung des Fernrohrs wird links bei Kl sichtbar. F_1 und F_2 sind Friktionsrollen, die das Gewicht des Fernrohrs beim Umlegen aufzunehmen haben. Das Umlegen geschieht mit Hilfe eines kleinen Wagens, Fig. 2, dessen Rollenpaare R_1, R_2 auf den zwischen den Pfeilern durchgehenden Schienen S_1, S_2 laufen. Wenn umgelegt werden soll, wird der Wagen unter das Instrument geschoben, der Oberteil O des Wagens mit Hilfe der Kugel K gehoben, wobei er das Fernrohr am Würfel W erfasst und langsam aus dem Lager heraus und von den Friktionsrollen abhebt; man zieht dann den Wagen zwischen den Pfeilern heraus, dreht den Oberteil O um 180°, führt den Wagen zurück und legt das Fernrohr mit so vertauschten Axzapfen (A_2 auf Y_1, A_1 auf Y_2) wieder in die Lager. — Zu solchen fest aufgestellten Passageninstrumenten gehören noch in passender Entfernung vom Aufstellungsorte angebrachte Miren (Meridianmarken), die die Arbeit mit dem Instrument vereinfachen; das hier abgebildete Instrument hat übrigens nie eine solche Marke besessen, und es wäre auch bei seinem (jetzt auch in anderer Beziehung ungünstig gewordenen) Aufstellungsort die Anbringung einer solchen nicht möglich, so dass eben bei jeder Zeitbestimmung die vollständige Beobachtung des Zeitsterns und des Polsterns notwendig ist.

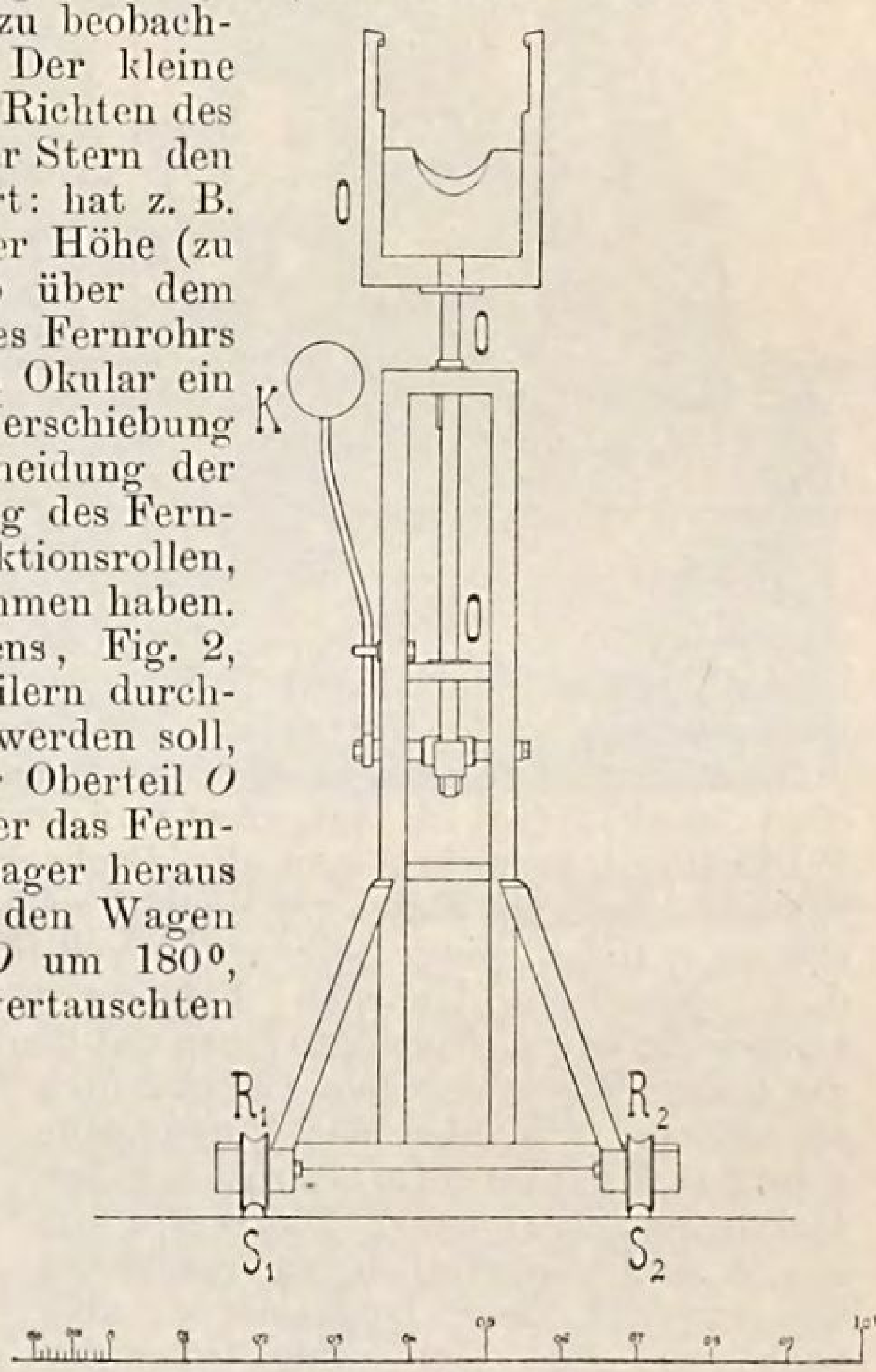


Fig. 2.

Aufstellungsfehler und Gebrauch der festen Durchgangsinstrumente zur Zeitbestimmung. Wenn die Ziellinie des Fernrohrs beim Kippen um $A_1 A_2$ genau die Meridianebene beschreiben würde, so wäre zur Zeitbestimmung einfach der Augenblick des „Durchgangs“ eines Südsterns festzustellen („Antritt“ am Mittelfaden; verschärft durch Beobachtung des Antritts an allen Fäden, wobei die Beobachtungen an den Seitenfäden „auf den Mittelfaden zu reduziren“ sind; vgl. den Art. Fadennetz): im Augenblick der Kulmination eines bestimmten Sterns ist die Sternzeit gleich der Rektascension jenes Sterns. Das Instrument hat aber drei Aufstellungsfehler (s. d.): 1. ist der Winkel zwischen der Ziellinie und der Kippaxe nicht genau 90°, sondern es ist ein kleiner Kollimationsfehler c vorhanden, die zwei Nebenwinkel sind $(90 + c)$ und $(90 - c)$; 2. die Kippaxe hat, statt horizontal zu liegen, bei einer bestimmten Zielung die kleine Neigung i gegen den Horizont; 3. die Horizontalprojektion der Kippaxe hat nicht genau die Richtung W—O, sondern weicht davon um einen kleinen Azimutalwinkel k ab. Diese drei Fehler verlangen (vgl. Mayer'sche Formel), dass nicht nur ein Stern zu beobachten ist, sondern dass man (mindestens) zwei beobachten muss; davon muss der eine das Gesichtsfeld so langsam passiren, dass man während seines Durchgangs das Fernrohr umlegen und einen andern Stern durchgehen lassen kann, d. h. er muss ein „Polstern“ (in oberer oder unterer Kulmination) sein; der andere, der „Zeitstern“, muss das Gesichtsfeld rasch durchlaufen (am raschesten geht ein Aequatorstern durch; doch ist erst in der Deklination 60° die scheinbare Geschwindigkeit der Bewegung auf die Hälfte der Aequatorialgeschwindigkeit reduzirt). Die Antrittszeiten der Sterne an den einzelnen Fäden werden mit der Auge- und Ohrmethode (vgl. d. Art.) oder (bei diesen fest aufgestellten

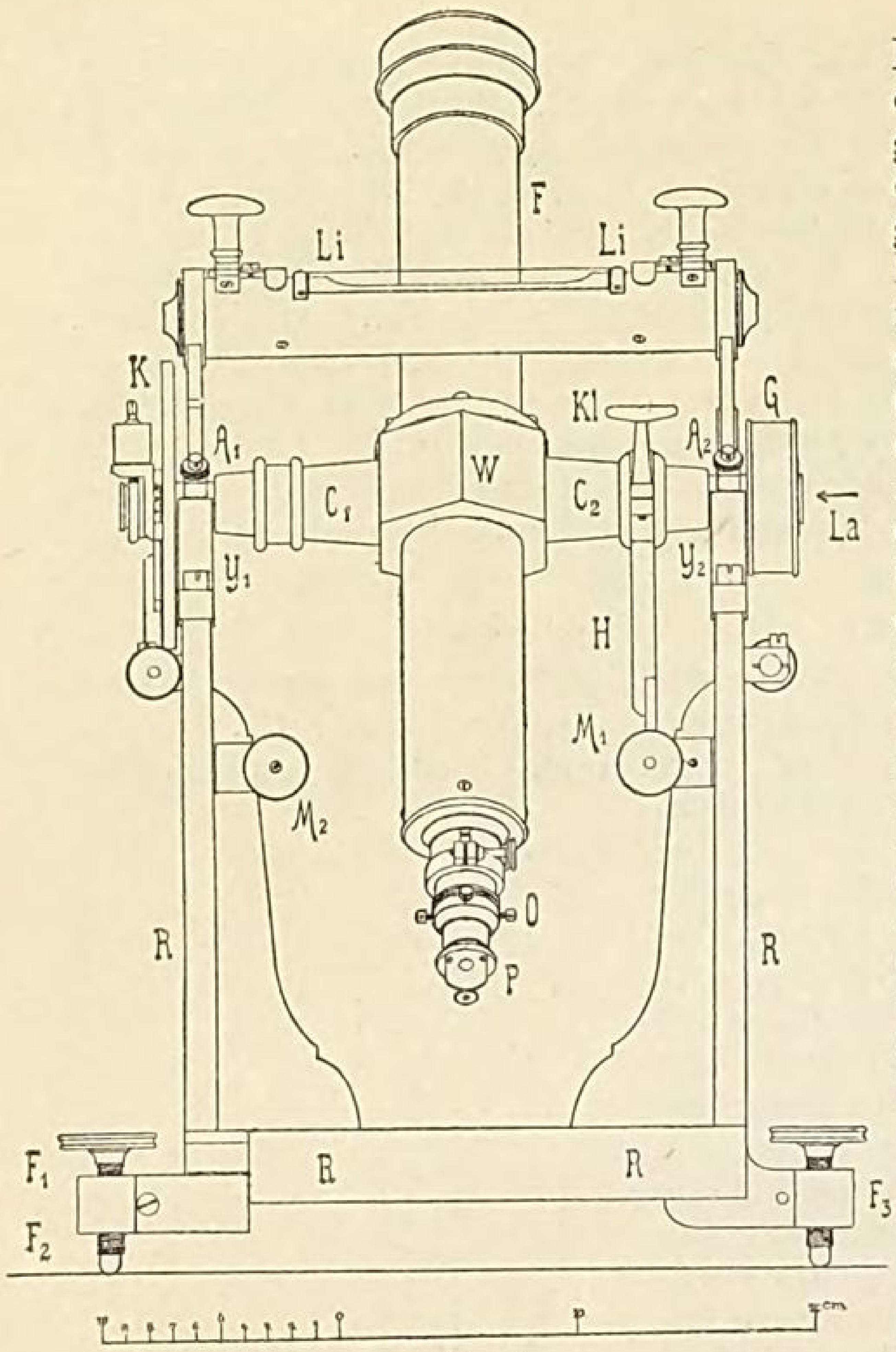
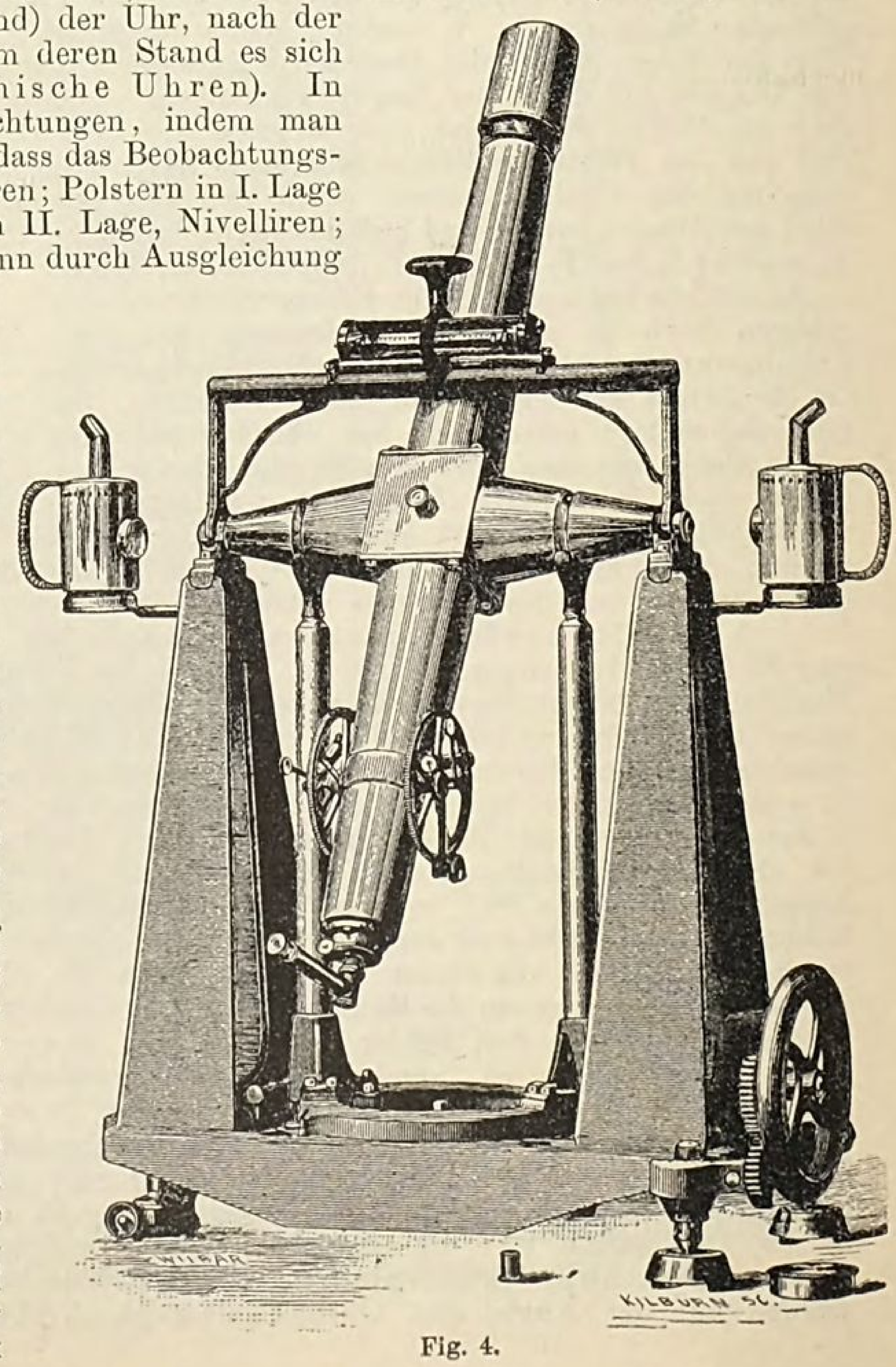


Fig. 3.

Instrumenten seit einigen Jahrzehnten fast stets) mit der Registrirmethode (vgl. d. Art., ferner Chronograph, Photochronograph) festgestellt; über eine eigentümliche Fehlerquelle bei diesen Durchgangsbeobachtungen vgl. d. Art. Personalfehler. Die einfachste und theoretisch genügende Beobachtungsmethode ist diese: man wählt unter den 4 bequemen Polsternen mit weniger als 3° Poldistanz (α Urs. Min. oder Polaris, II. Gr.; 51 Cephei, V. Gr.; δ Urs. Min., IV. bis V. Gr., λ Urs. Min. oder Polarissimus, VI. bis VII. Gr.) den aus, dessen obere oder untere Kulmination auf eine passende Tageszeit fällt, und entnimmt ferner dem Astronomischen Jahrbuch (vgl. d. Art.) AR und δ eines passenden Zeitsterns, d. h. einen Stern von nicht zu grossem δ, der wenig früher oder später als der Polstern in den Meridian kommt. Man lässt nun den (sich sehr langsam bewegenden) Polstern an den ersten paar Fäden (2 bis 3) antreten, legt sodann das Fernrohr durch Kippen nach Süden herüber und lässt den Zeitstern durch die sämtlichen Fäden gehen, was nur einige Minuten erfordert, legt nunmehr das Fernrohr um (Vertauschung von A_1 und A_2 auf den Lagern, s. oben), richtet es wieder auf den Polstern, der noch im Gesichtsfeld ist, und beobachtet die Antritte dieses Sterns an einigen der letzten Fäden (in Wirklichkeit denselben Fäden, wie in der ersten Fernrohrlage). Dazwischen ist die Neigung i der Kippaxe mit dem Niveau zu passenden Zeiten festzustellen (vgl. d. Art. Axenlibelle). Da so i direkt bekannt ist, ferner (s. oben) c durch das Umlegen des Fernrohrs eliminirt wird, so kann man offenbar aus beiden Beobachtungen zwei Grössen bestimmen, nämlich das unbekannte k (s. oben) und das unbekannte Δu, die Korrektion (Uhrstand) der Uhr, nach der die Beobachtung gemacht wird und um deren Stand es sich eben handelt (vgl. d. Art. Astronomische Uhren). In Wirklichkeit vermehrt man die Beobachtungen, indem man jedenfalls mehrere Zeitsterne nimmt, so dass das Beobachtungsschema z. B. ist: erster Zeitstern, Nivelliren; Polstern in I. Lage d. F., Nivelliren; Umlegen; Polstern in II. Lage, Nivelliren; zweiter Zeitstern, Nivelliren; man hat dann durch Ausgleichung die besten Werte der zwei Unbekannten abzuleiten. Näh. über das Vorstehende s. im Art. Zeitbestimmung (mit dem Durchgangsinstrument). Die Werte von c, i, k sind veränderlich, am raschesten das empfindliche i, langsamer c; aber auch, aus zum Teil wenig bekannten Gründen und zum Teil periodisch, k.

Tragbare Durchgangsinstrumente. Die transportablen Passageninstrumente haben die verschiedensten Formen erhalten. Ein einfaches, älteres Instrument von Secrétan, im Gebrauch der Technischen Hochschule in Stuttgart befindlich, zeigt Fig. 3: R ist ein gusseiserner Rahmen, der mit den Stellschrauben F_1 F_2 F_3 auf die Oberfläche eines Steinpfeilers gesetzt wird; die Lager Y_1 Y_2 nehmen die Axzapfen A_1 A_2 der Kippaxe A_1 C_1 W C_2 A_2 auf. Auf die Axzapfen ist die Axenlibelle, die Stützenlibelle Li aufzusetzen (Empfindlichkeit $2{,}''44 = 0{,}^s163$ pro 2 mm); Beleuchtung der Fadenplatte (11 Fäden; die Korrektionsschrauben zur Verschiebung der Fadenplatte, Aenderung des Kollimationsfehlers bei O sichtbar) durch die Axe von La ←— her. Das gerade Fernrohr FO gibt mit 2 Okularen 36-fache und 54-fache Vergrösserung und trägt vor dem Okular ein Prisma P für grosse Höhenwinkel; Mikrometerwerk


Fig. 4.

für die Höhenbewegung des Fernrohrs *Kl* (Klemme) und M_1 oder M_2 (Schraube auf den Hebel *H* wirkend); Aufsuchungskreis *K* (1' Ablesung) ist am andern Ende der Kippaxe durch das Gewicht *G* balancirt. Das Umlegen muss von freier Hand geschehen (sehr sorgfältig wegen Gefahr der Veränderung von *k*). — Ein etwas neueres Instrument, wie es Buff und Berger in Boston für den U. S. Lake Survey gebaut haben, zeigt Fig. 4; hier ist Umlegemechanismus mit Friktionsrollen vorhanden, im übrigen die Einrichtung ähnlich wie beim letzten: Fernrohr auch erst im Okular gebrochen (Fokallänge 99 cm, Vergrösserungen 75, 90, 120); Aufsuchungskreis 1'; eine der Fussschrauben (links) ist mit azimutaler Mikrometerschraube versehen zur Einstellung des Instruments in den Meridian; Stützenlibelle 2". — Ein neueres deutsches Instrument zeigt Fig. 5 (Entwurf von Tesdorpf nach dem von Pistor und Martins, Bamberg u. a. aufgestellten Modell). Das Fernrohr ist in der Mitte gebrochen, Fokallänge 89 cm, Vergrösserung 60, 72, 100; im Okular ein Schraubenmikrometer; Hängelibelle 2"; Umlegemechanismus mit Friktionsrollen; Aufsuchungskreis 1'. Der Unterbau des Instruments ist zweiteilig, der obere Teil mit dem Instrument kann um etwa 7° azimutal bewegt werden (Feinstellung mit Schraube, vgl. d. Art. Zeitbestimmung [nach Döllens Methode]). Zur weitern Vervollständigung kann noch ein Querniveau angebracht werden (vgl. Polhöhenbestimmung, nach Horrebow-Talcott). Bemerkenswert ist die Aufhebung der Fernrohrbiegung (vgl. d. Art. Durchbiegung des Fernrohrs) bei den neueren tragbaren Durchgangsinstrumenten mit gebrochenem Fernrohr von A. Repsold & Söhnen in Hamburg. — Gute tragbare Durchgangsinstrumente erhält man jetzt von jeder grössern mathematisch-mechanischen Werkstatt; z. B. von A. Repsold & Söhnen in Hamburg, C. Bamberg in Friedenau bei Berlin, M. Hildebrand in Freiberg, G. Heyde in Dresden, F. W. Breithaupt & Sohn in Kassel, L. Tesdorpf in Stuttgart, T. Ertel & Söhnen in München u. s. f. Der Preis beträgt je nach Grösse und Austattung dieser tragbaren Instrumente etwa 600 ℳ. (kleinste Nummer von Hildebrand z. B. in sehr guter Ausführung) bis zu mehreren tausend Mark. — Erwähnenswert sind auch noch die billigen Durchgangsinstrumente von Latimer Clark in London („Cheap Transit" und „Window-Transit"). Wenig Verbreitung hat eine Anordnung von Steinheil gefunden, bei der das Fernrohr horizontal liegt und ein Objektivprisma vorgesetzt ist [2]. — Manche einfache Instrumente zur Zeitbestimmung (Dipleidoskop, Gnomon u. s. f.) sind eigentlich ebenfalls Durchgangsinstrumente; vgl. d. einzelnen Art. — Die Anwendung der tragbaren Passageninstrumente zur Zeitbestimmung mittelst Sterndurchgängen im Meridian ist ganz der oben für die festen Passageninstrumente angegebenen gleich, vgl. d. Art. Zeitbestimmung; über Zeitbestimmung durch Durchgänge in einem etwas seitlich vom Meridian liegenden Vertikal, nämlich demjenigen des Polarsterns, vgl. ebenda; über Bestimmung der geogr. Breite durch Sterndurchgänge im ersten Vertikal s. Polhöhenbestimmung; über Verwendung der tragbaren Passageninstrumente zur Azimutbestimmung s. d. Art., Schluss; u. s. f. An den angegebenen Stellen und in dem Art. Mayer'sche Formel ist auch das Wichtigste über die Fehlertheorie des Durchgangsinstruments angegeben. Vgl. ferner auch die Artikel Auge- und Ohrmethode, Registrirmethode; Chronograph, Photochronograph, Personalfehler; Meridiankreis

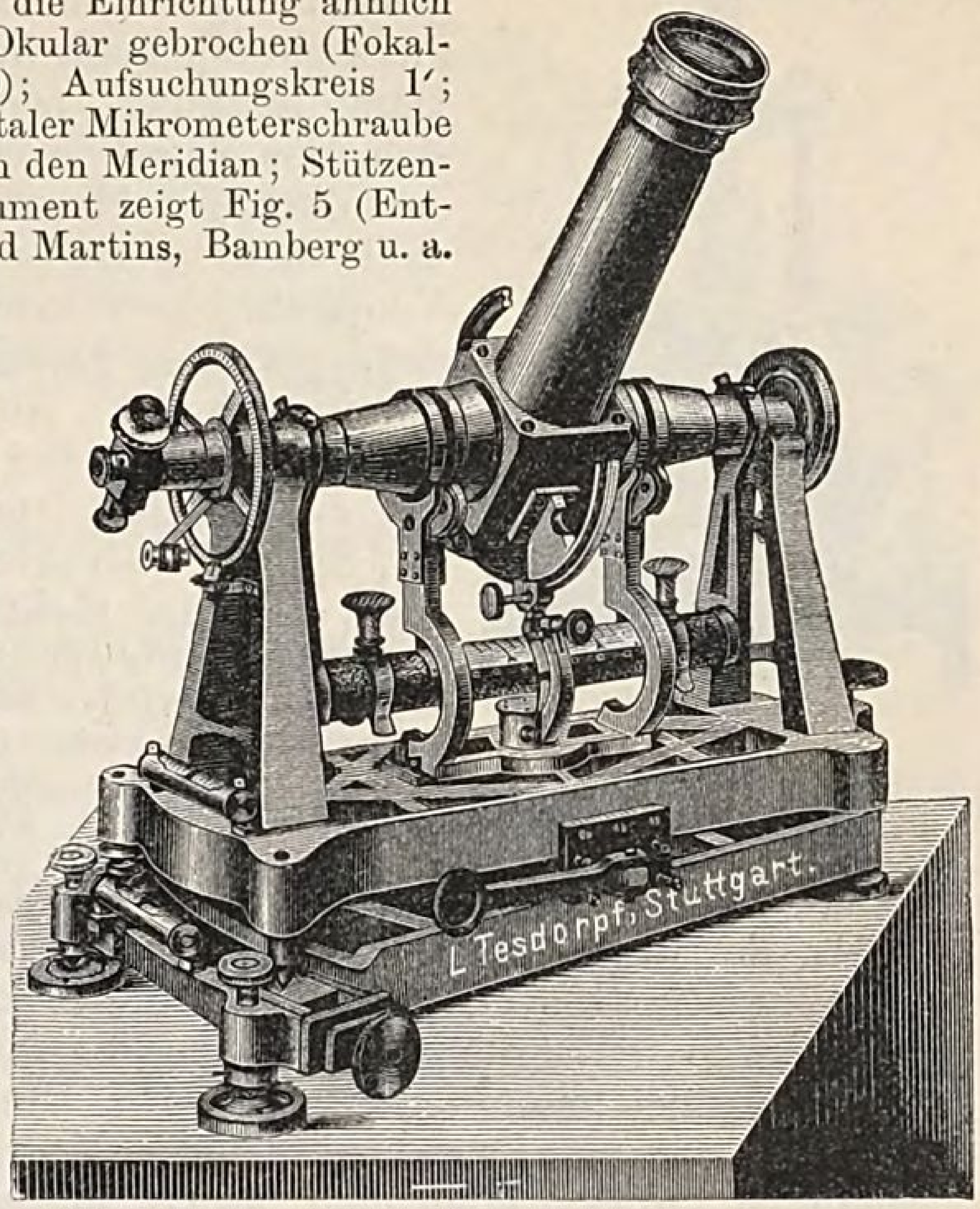
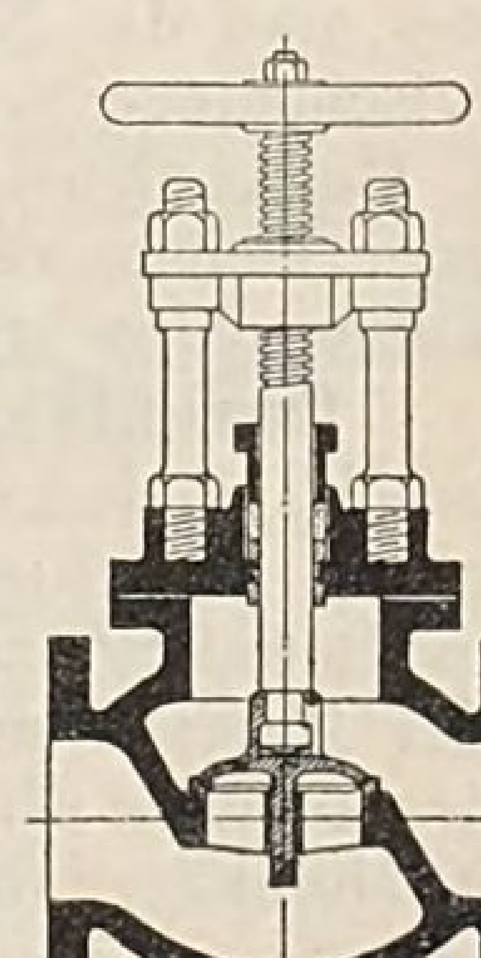


Fig. 5.

Litteratur: [1] Die Beschreibung von fest aufgestellten Durchgangsinstrumenten, die aber weniger Interesse haben, ist in der astronomischen Litteratur zerstreut; zur Geschichte dieses Mittagsfernrohrs und des festen Meridiankreises vgl. z. B. Wolf, Handbuch der Astronomie, II, 1, Zürich 1892, S. 97—100. — Weitere Beschreibungen von tragbaren Passageninstrumenten s. ausser bei der in den oben angeführten Einzelartikeln angegebenen Litteratur auch in den Preisverzeichnissen guter Werkstätten, z. B. der oben genannten. — [2] Astron. Nachr., Bd. 29, S. 177. *Hammer.*

Durchgangsreservoir, s. Reservoir.

Durchgangsventil enthält Ein- und Ausgang in gerader Linie, Fig. 1, im Gegensatz zum Eckventil. Der Ventilteller wird gegen den Druck der abzusperrenden Flüssigkeit bezw. des Dampfes auf den Sitz gedrückt, so dass bei geschlossenem Ventil die Stopfbüchse der Ventilspindel von innerem Druck frei ist Dagegen haben die Ventile von Bopp & Reuther in


Fig. 1.

Mannheim u. a., den Druck über dem Ventilteller (s. Fig. 2) und gestatten das Verpacken der Stopfbüchse bei voller Oeffnung des Ventils, wobei ein konischer Bund der Spindel den inneren Rand der Stopfbüchse abdichtet. Dieses wird übrigens bei Ventilen der erstgenannten gewöhnlichen Durchflussrichtung auch benützt. In Dampfleitungen empfiehlt es sich, das Ventil so einzubauen, dass die Spindel horizontal liegt, weil sich sonst unter dem Ventilsitz ein Wassersack bildet, der den Durchflussquerschnitt verengt. Aus Rotguss besteht: Ventilteller und -sitz, die Stopfbüchse, meist auch die Spindel, bei kleinen Ventilen auch das Gehäuse.

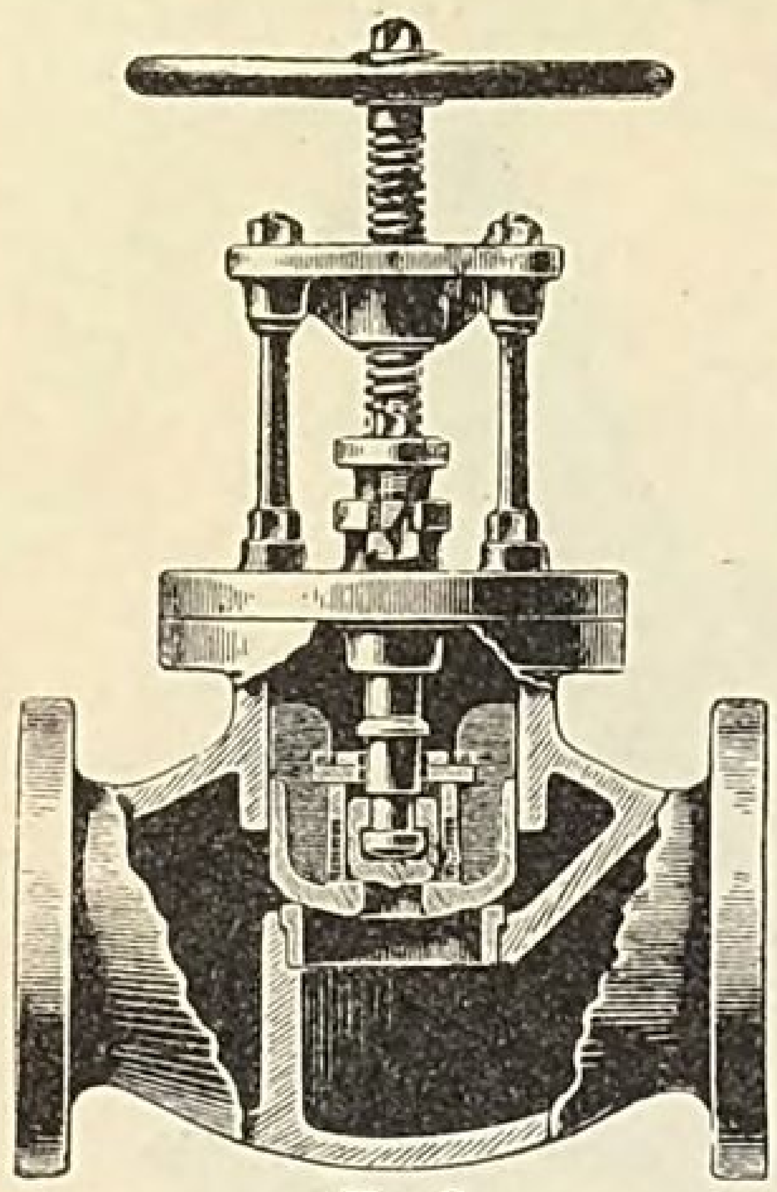


Fig. 3.

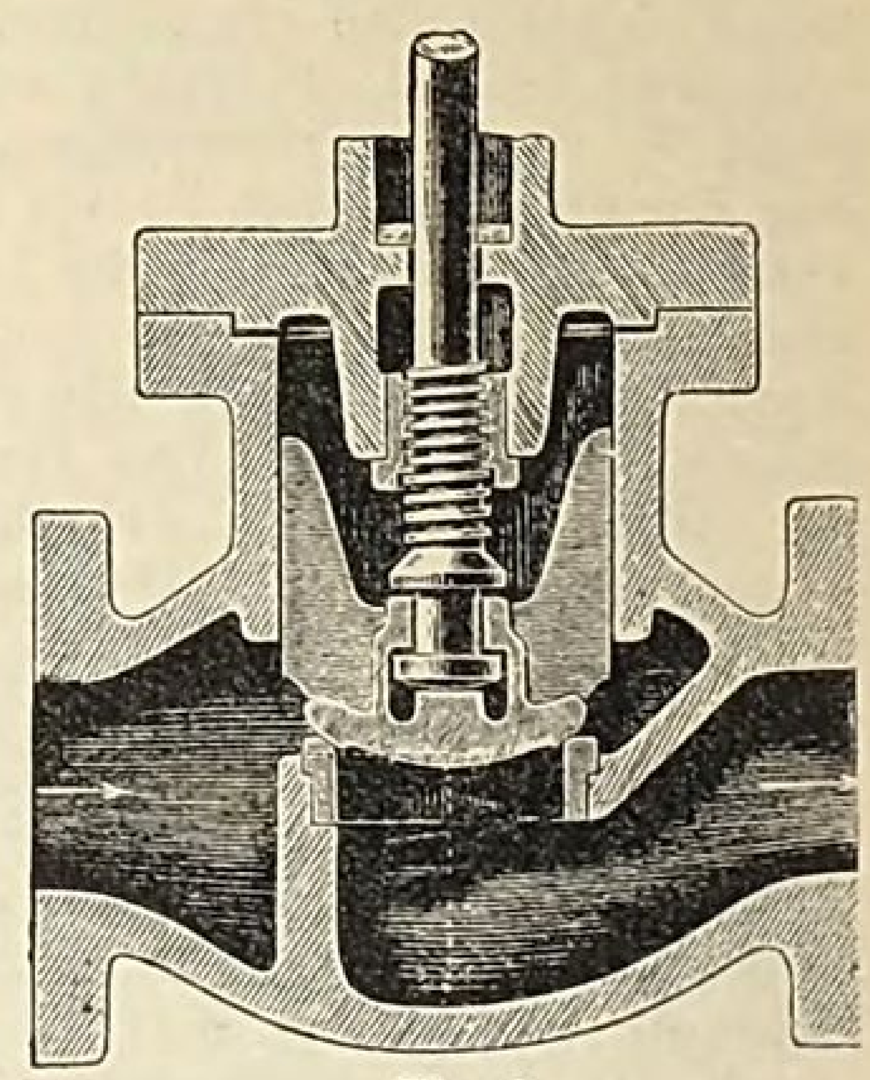


Fig. 2.

Eisenventile mit Rotgussarmatur kosten ungefähr: kleine Ventile mit eingeschraubtem oder aufgeflantschtem Deckel und mit innen liegendem Spindelgewinde bei $d = 10-50$ mm l. W.: 0,5 d ℳ, mittlere Ventile mit äusserem Gewinde und Säulen- oder Bügelaufsatz für die Mutter bei $d = 25-200$ mm l. W.: 0,7 d bis 1,0 d ℳ, grosse Ventile bei $d = 300-600$ mm l. W.: 1,5 d bis 3 d ℳ; z. B. Ventil für 100 mm Durchm. kostet 70—80 ℳ.

In der Regel sind die Durchgangsöffnungen und die Rohrweiten auf Durchmesser zwischen 25 und 150 mm beschränkt, da bei hohem Druck die über 150 mm weiten Ventile schwer abzuschliessen bezw. zu öffnen sind. Bei grösseren Rohren wendet man deshalb Schieber oder das in Fig. 3 dargestellte Ventilsystem Daelen an, welches in dem Ventilteller noch ein kleines Ventil zur vorläufigen Druckausgleichung besitzt und sich infolge dessen bei jedem Druck ohne besondere Kraftanwendung öffnen und schliessen lässt. Die Ventile werden von vielen Spezialfabriken hergestellt. Ueber Jenkinsventile mit weicher Einlage im Teller zur Abdichtung s. Ventile. *Lindner.*

Durchgangsverkehr bezeichnet gewöhnlich die Beförderung von Gütern oder Personen über eine Bahnlinie, auf welcher weder die Anfangs- noch die Endstation liegt, so dass also über diese Linie der Verkehr hinübergeleitet wird.

Durchgehen, s. Propeller.

Durchhaus, ein Gebäude, dessen Parterre von einer dem allgemeinen oder beschränkten Verkehr dienenden Strasse oder einem Fussweg durchsetzt wird, welche tunnelartig durch das Haus führen. In den mittelalterlich gebauten Städten findet man solche Anordnungen häufig als Anfang und Ende schmaler, zwei Hauptstrassen verbindender Gassen.

Durchkrammung. Mit Durchkrammung bezeichnet man die in jedem Frühjahr vorzunehmende Ausbesserung der Strohbestickung, welche den untersten, nicht berasten Teil der Aussenberme eines Deiches schützt. Sie erfolgt dadurch, dass man die Nähte der im letzten Herbst neu hergestellten Bestickung durch Zwischenlage neuer Strohseile und Befestigung derselben mittelst „Bekrammen" (s. Bestickung) ergänzt. Auch die Befestigung der auf der Aussenböschung neuer Deiche verlegten Rasenplaggen durch Strohnähte (um das Fortspülen durch Wellenschlag zu vermeiden) heisst Durchkrammung des Rasens. *Frühling.*

Durchlässe, auch Schleusen, Dohlen oder Drummen genannt, haben den Zweck, kleinere Wasserläufe durch die Erdkörper von Strassen oder Eisenbahnen zu führen. Leitet ein Durchlass an einem Niveauübergang das Wasser des Bahngrabens unter der Strassenrampe hindurch, so heisst er Seitendurchlass oder Rampenkanal. Die Axe des Durchlasses kann mit der Axe der betreffenden Strasse oder Eisenbahn einen rechten oder einen davon verschiedenen Winkel einschliessen; im ersteren Falle entsteht ein gerader, im letzteren ein schiefer Durchlass. Das Profil eines Durchlasses muss der grössten durchzuführenden Wassermenge entsprechen [1] u. [2] (s. a. Durchflussprofil). Je nach dem Material,

aus dem die Durchlässe hergestellt werden, unterscheidet man Röhrendurchlässe und gemauerte Durchlässe. Röhrendurchlässe werden nur zur Durchführung verhältnismässig kleiner Wassermengen verwendet. Man benützt für dieselben: 1. Hölzerne Röhren, kastenartig aus Bohlen zusammengefügt, nur in holzreichen Gegenden und für untergeordnete Wege (Waldwege) in Verwendung. 2. Thonröhren, am besten die scharf gebrannten, innen und aussen glasirten Röhren, welche für städtische Entwässerungskanäle genommen werden; Dichtung an den Stössen, wie bei letzteren. Man benützt aber auch Thonrohre, welche für den in Rede stehenden Zweck besonders geformt hergestellt werden [3]. 3. Zementröhren, mit kreisrundem und eiförmigem Profil, wie sie für anderweitige Wasser-Zu- und -Ableitungen üblich sind; Dichtung an den Stössen wie bei letzteren [4]. 4. Zementbetonrohre, die an Ort und Stelle (in geeignet vorbereiteter Baugrube) und zwischen Formen ausgeführt werden [6]. 5. Gusseiserne Muffenröhren, wie sie für die Zwecke städtischer Wasserleitungen im Gebrauch sind; Dichtung an den Stössen, wie bei diesen (s. Fig. 1 und 1 a) [7]. Alle genannten Rohrgattungen können auf genügend festem Boden unmittelbar gelagert werden; ist derselbe etwas nachgiebig, so ramme und pflastere man ihn vorher ab; bei noch lockererem Boden wende man Fundamente aus Steinpackung, Holzschwellen, Mauerwerk oder Beton an. — Wenn das Gerinne, durch welches das Wasser zu fliessen hat, aus Mauerwerk hergestellt wird, so entsteht ein gemauerter Durchlass. Je nach der Art der Abdeckung unterscheidet man: 1. Offene oder Schienendurchlässe (Fig. 2), welche bloss in Eisenbahndämmen und in diesen nur dann vorkommen, wenn es an Konstruktionshöhe fehlt, um den Durchlass mit Steinplatten überdecken oder überwölben zu können.

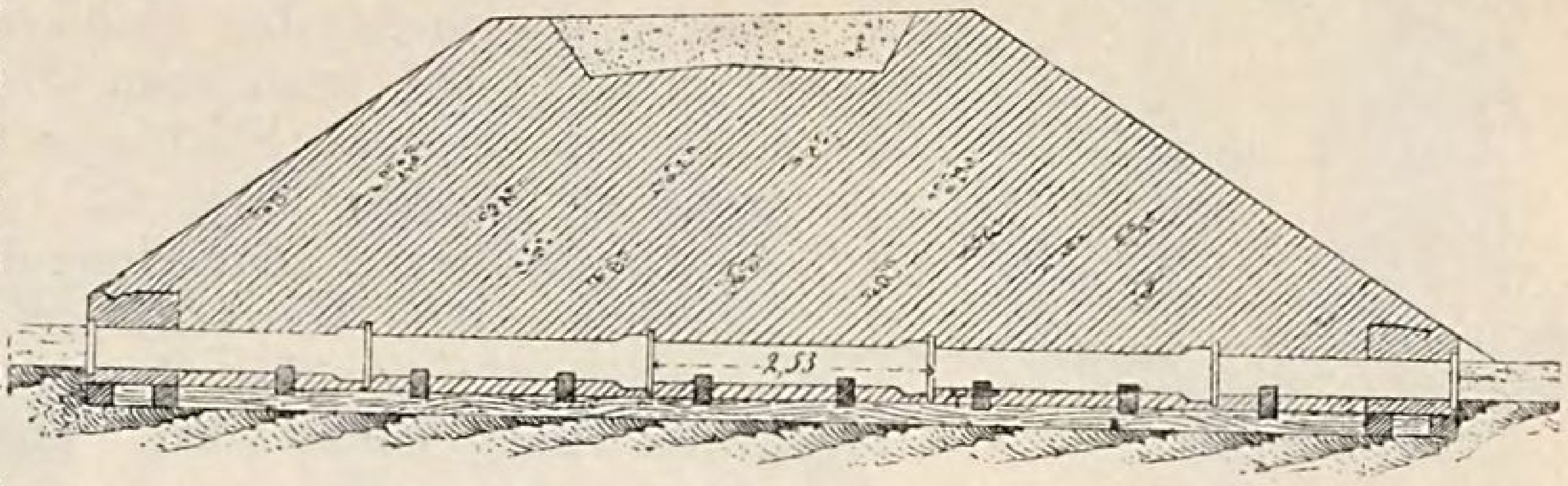


Fig. 1.

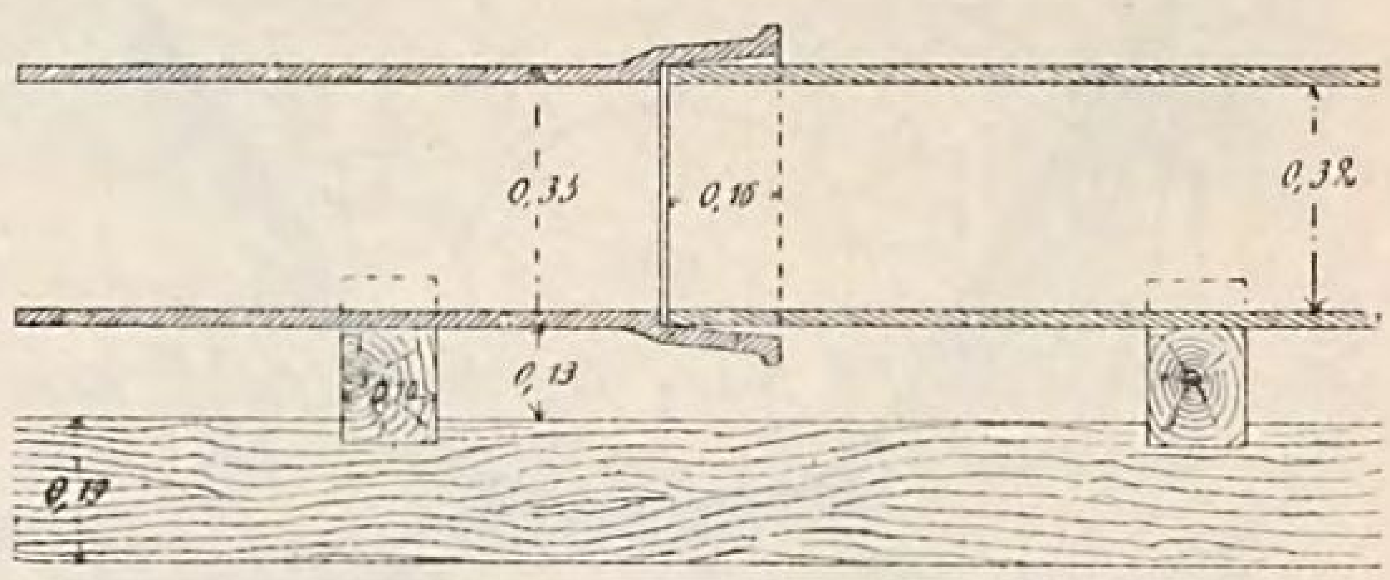


Fig. 1 a.

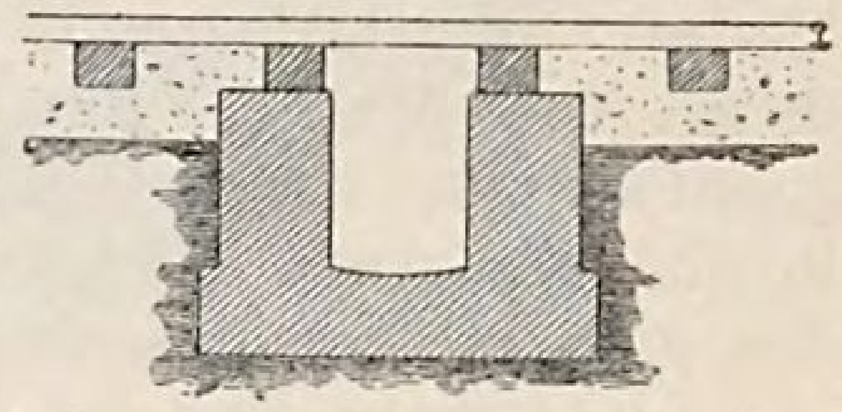


Fig. 2.

Bis zu lichten Weiten von 80 cm werden die Eisenbahnschienen frei von Wange zu Wange gelegt; bei grösseren lichten Weiten unterstützt man sie durch Holzschwellen; übersteigt die lichte Weite das Mass von 1,5 m, so kann man zwei, selbst drei offene Durchlässe mit gemeinschaftlichen Mittelwangen neben einander legen, wodurch zwei- und dreifache Durchlässe, auch Zwillings- und Drillingsdurchlässe genannt, entstehen. Zwischen den Schienen wird stets ein Bohlenbelag angeordnet.

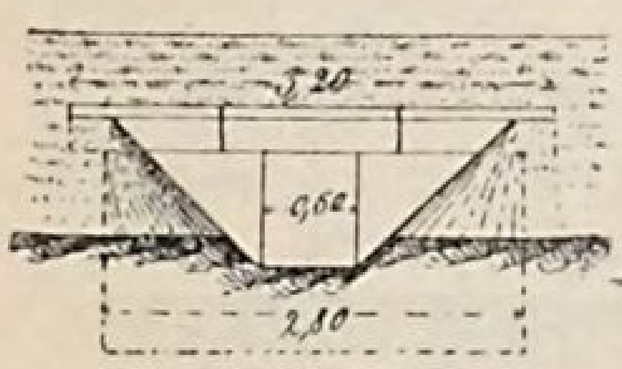


Fig. 3.

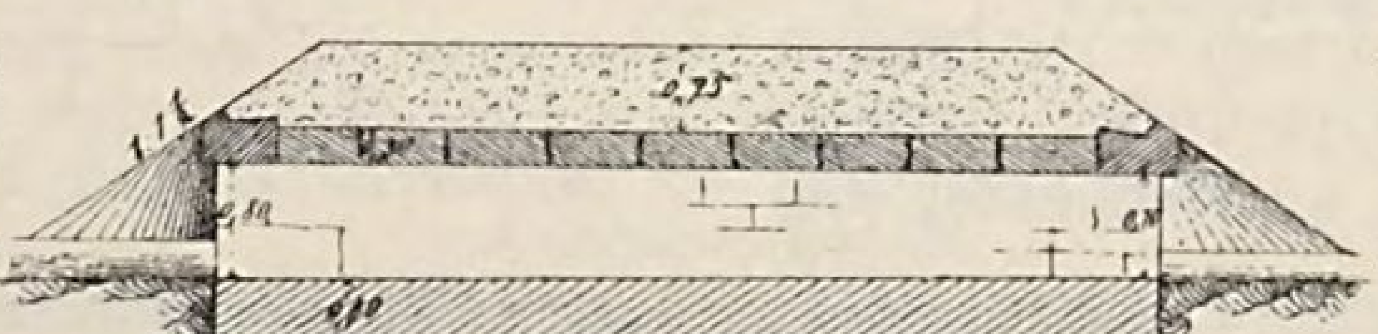


Fig. 3 a.

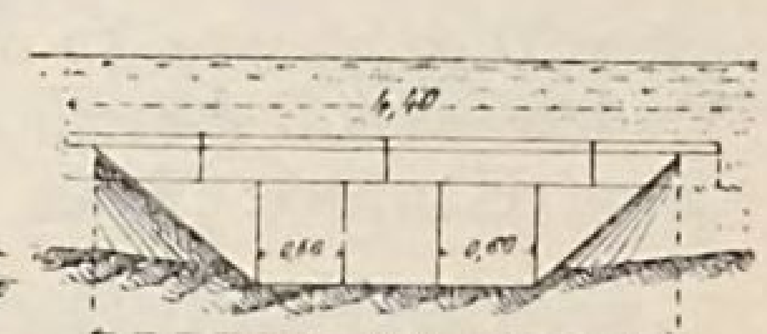


Fig. 4.

2. Plattendurchlässe, gedeckelte Durchlässe oder Deckeldohlen, bei denen über die das Gerinne seitlich begrenzenden Wangen Steinplatten als Abdeckung verlegt werden (Fig. 3 und 3 a).

Bis zu 80 cm lichter Weite sind meist geeignete Platten zu beschaffen; bei grösseren lichten Weiten überkragt man wohl auch die oberen Steinscharen der Wangen, um Platten von nicht ganz ausreichender Länge noch verwenden zu können; für lichte Weiten von über 1 m kann man auch hier zweifache und dreifache Plattendurchlässe (Zwillings- und Drillingsdurchlässe) zur Ausführung bringen (Fig. 4).

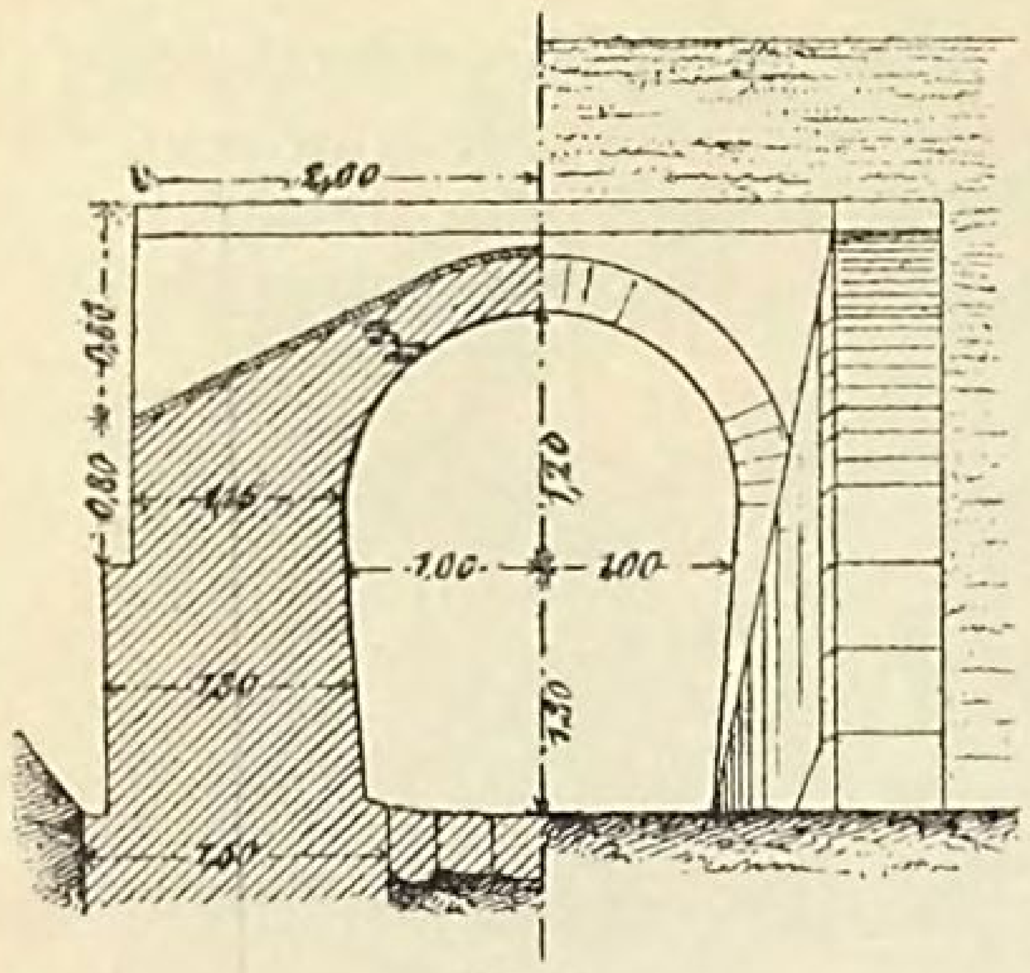


Fig. 5.

3. Ueberwölbte Durchlässe entstehen, wenn das durch die gemauerten Widerlager begrenzte Gerinne durch ein Tonnengewölbe überdeckt wird. Ist genügende Konstruktionshöhe vorhanden, so wählt man meist den Halbkreis als Gewölbeform (Fig. 5); sonst kann man Stichbogengewölbe von nicht zu geringer Stichhöhe ($^1/_4$ bis $^1/_3$) zur Anwendung bringen (Fig. 6). Man hat aber auch den Parabelbogen oder einen diesem nachgebildeten Korbbogen dem Durchlassprofil zu Grunde gelegt, in welchem Falle das Gewölbe bis auf den Baugrund fortgesetzt wird, eigentliche Widerlager sonach fehlen (Fig. 7).

4. Durchlässe aus vollen Gewölben (Fig. 8 u. 9), die meist mit kreisförmigem Querschnitt ausgeführt werden; indes sind auch ovale und eiförmige

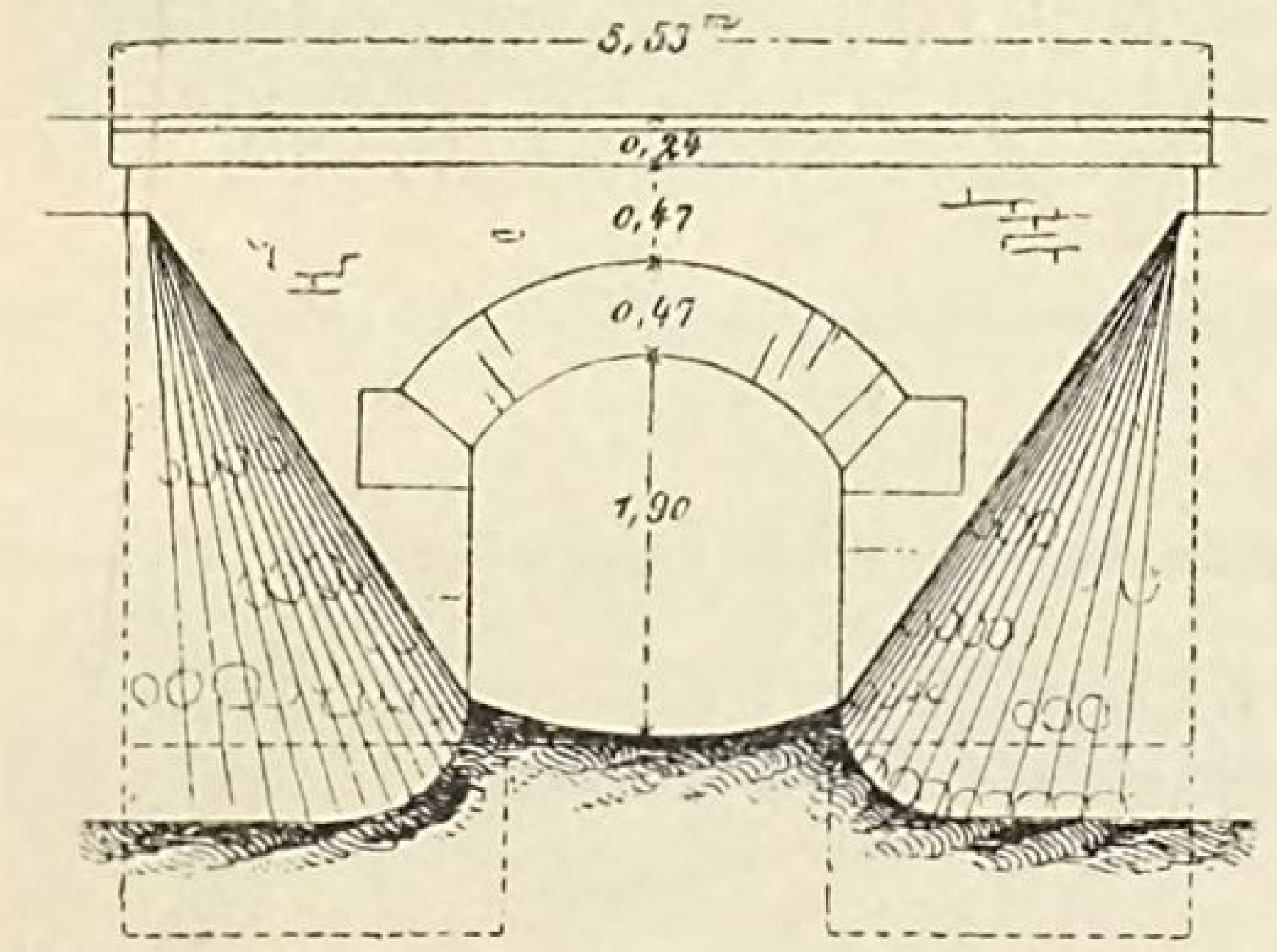


Fig. 6.

Profile verwendet worden. Bei neueren Ausführungen folgt die Durchlasssohle dem Gefälle des Terrains; ist das letztere sehr bedeutend, so muss man durch Abtreppen der Fundamente, durch zahnförmiges Eingreifen der letzteren in den Baugrund etc. das Abrutschen des ganzen Durchlasses verhüten.

In früherer Zeit hat man bei starker Neigung des Terrains das Sohlengewölbe an einigen wenigen Punkten konzentrirt und an diesen Abstürze oder Kaskaden angeordnet (Fig. 10); dadurch entstehen Treppen- oder Kaskadendurchlässe, auch terrassirte Dohlen genannt; sie haben sich nicht bewährt und werden jetzt nicht mehr ausgeführt.

Die nach aussen sichtbaren Teile eines Durchlasses, in denen er an beiden Enden seinen Abschluss findet, heissen seine Häupter. Man unterscheidet das

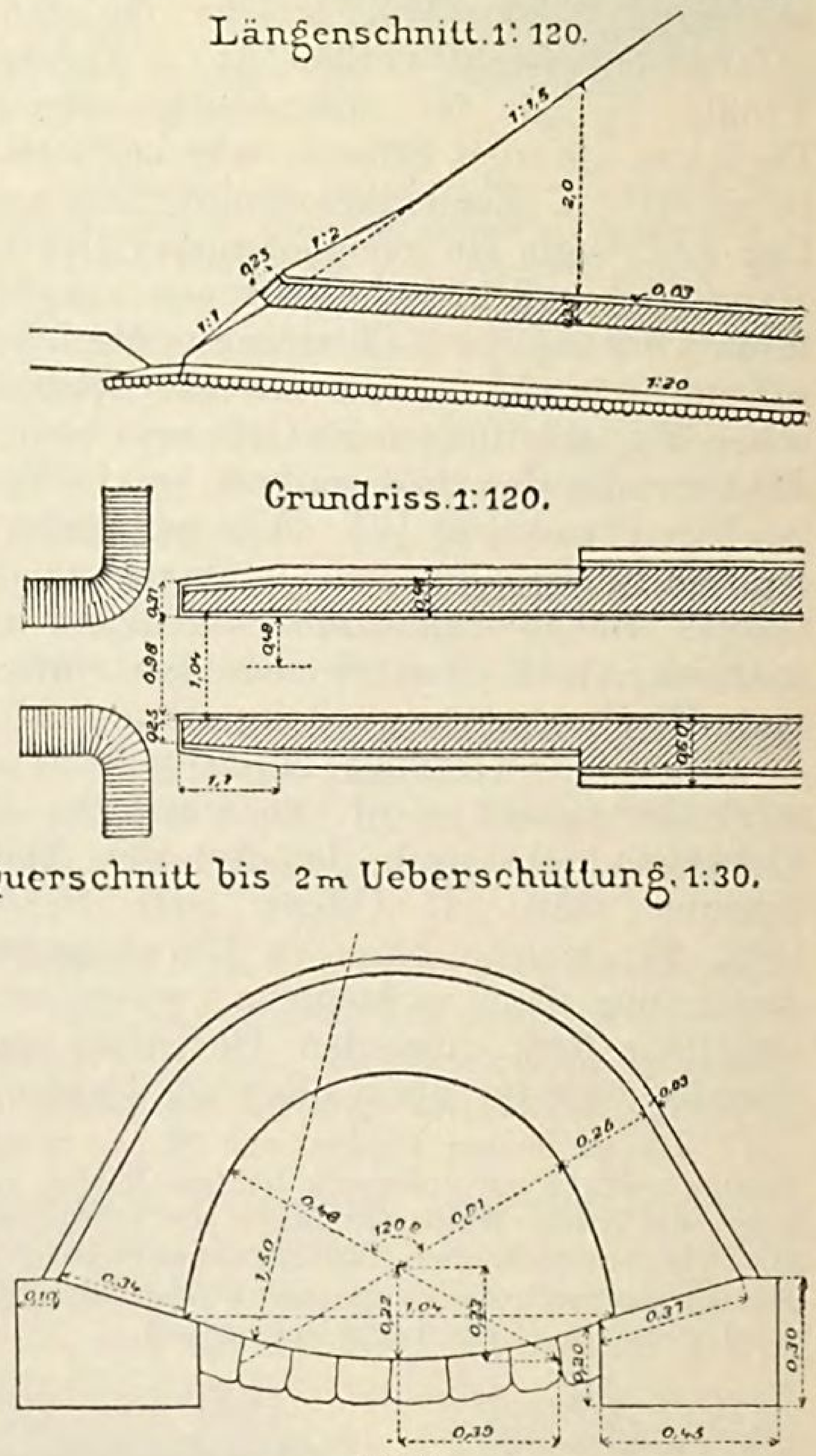


Fig. 7.

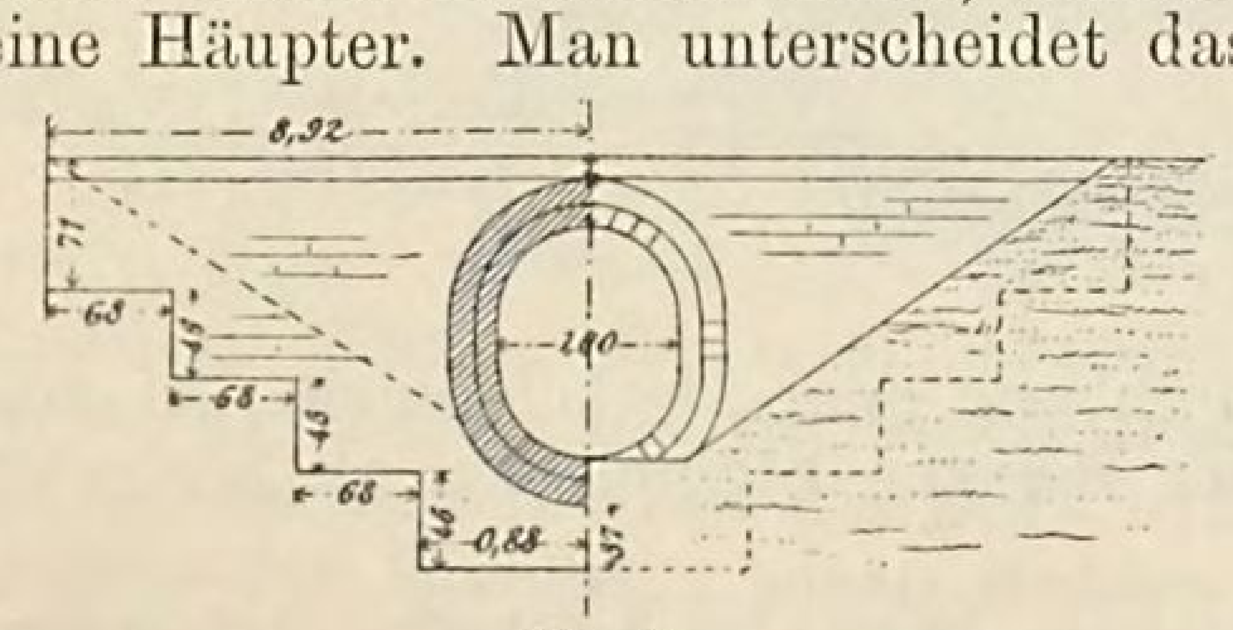


Fig. 8.

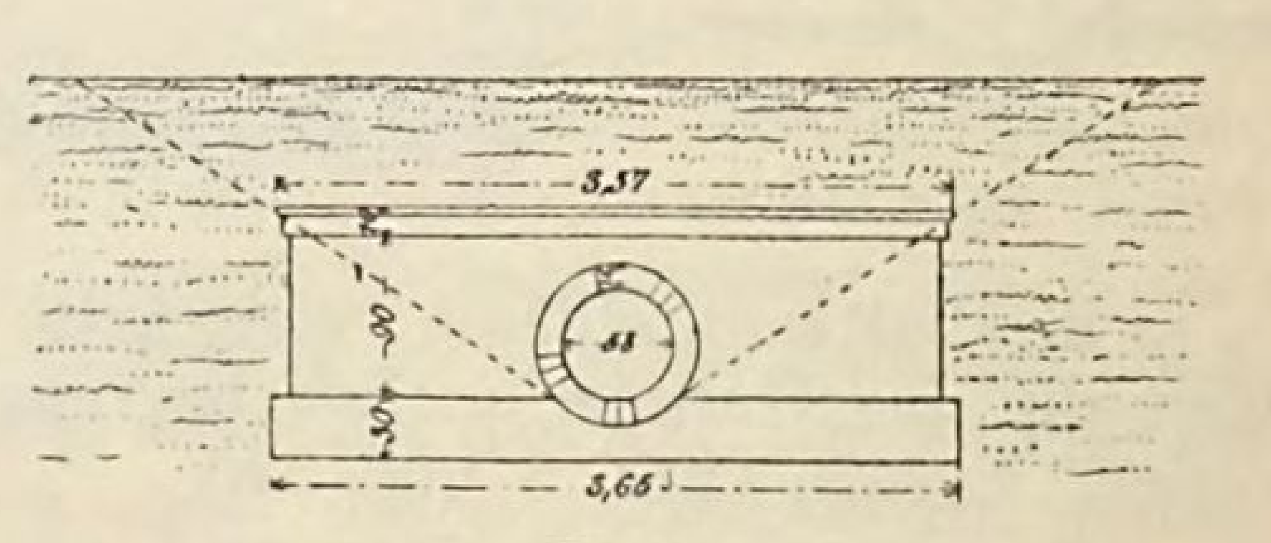


Fig. 9.

obere Haupt oder den Einlauf und das untere Haupt oder den Auslauf. Die Häupter werden verschieden gestaltet: 1. Sie haben die einfachste Ausbildung, wenn man den Durchlass durch die Böschungsebene des betreffenden Dammes

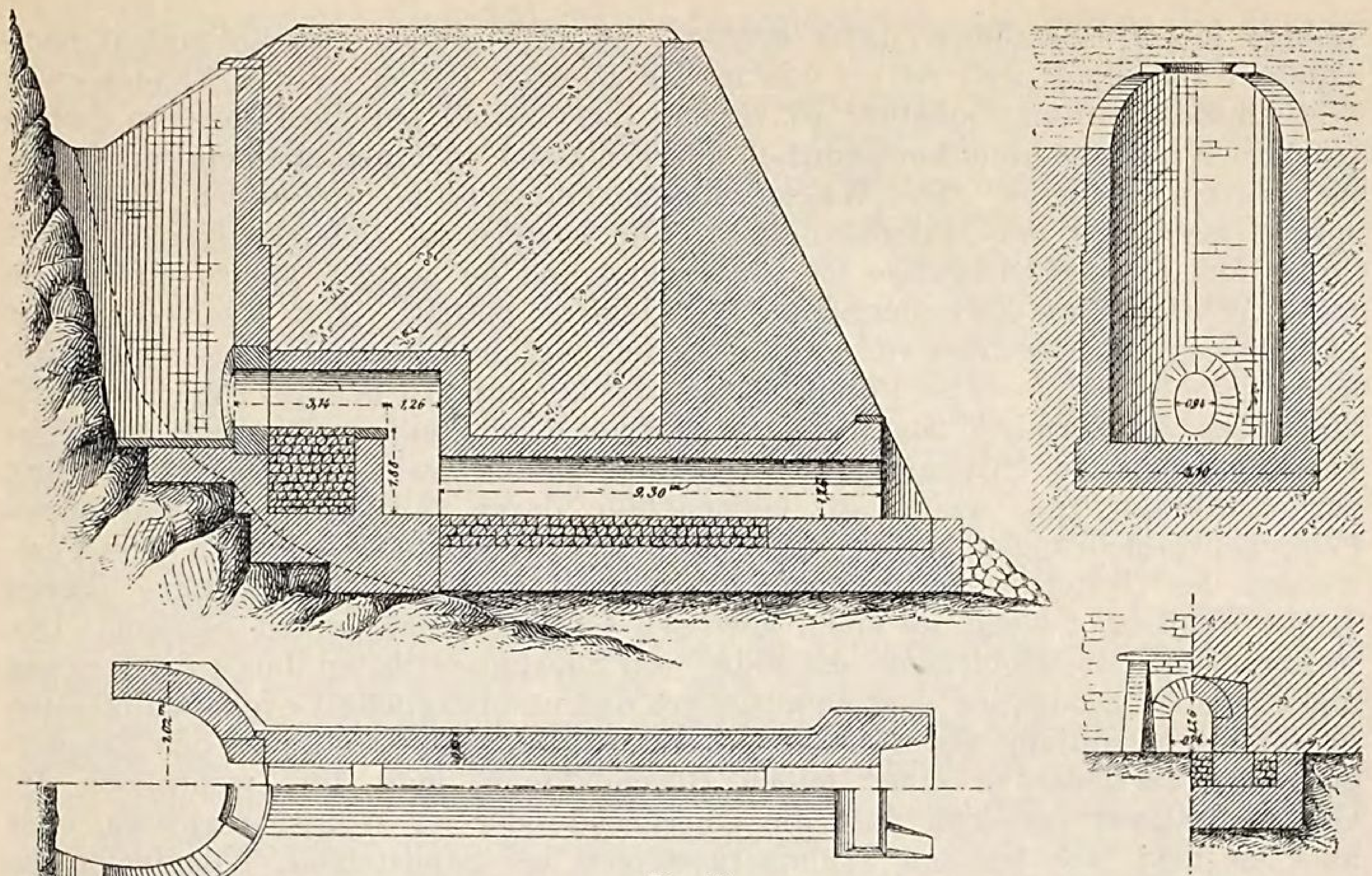


Fig. 10.

abschliesst (Fig. 7) [8]. 2. Man bildet das Haupt durch eine Stirnmauer, an welche sich Flügelmauern (s. d.), event. auch Böschungskegel (s. d.) anschliessen (Fig. 3—6, 8 u. 9). 3. Wenn das Wasser aus Seitengräben, aus Terrainmulden etc. in einen Durchlass einzuführen ist, so wird am obern Ende desselben ein Einlaufschacht (Fallkessel oder Absturzschacht) angeordnet, in den zunächst das Wasser stürzt (Fig. 10 und 11 [9]—[14]). S. a. Durchflussprofil.

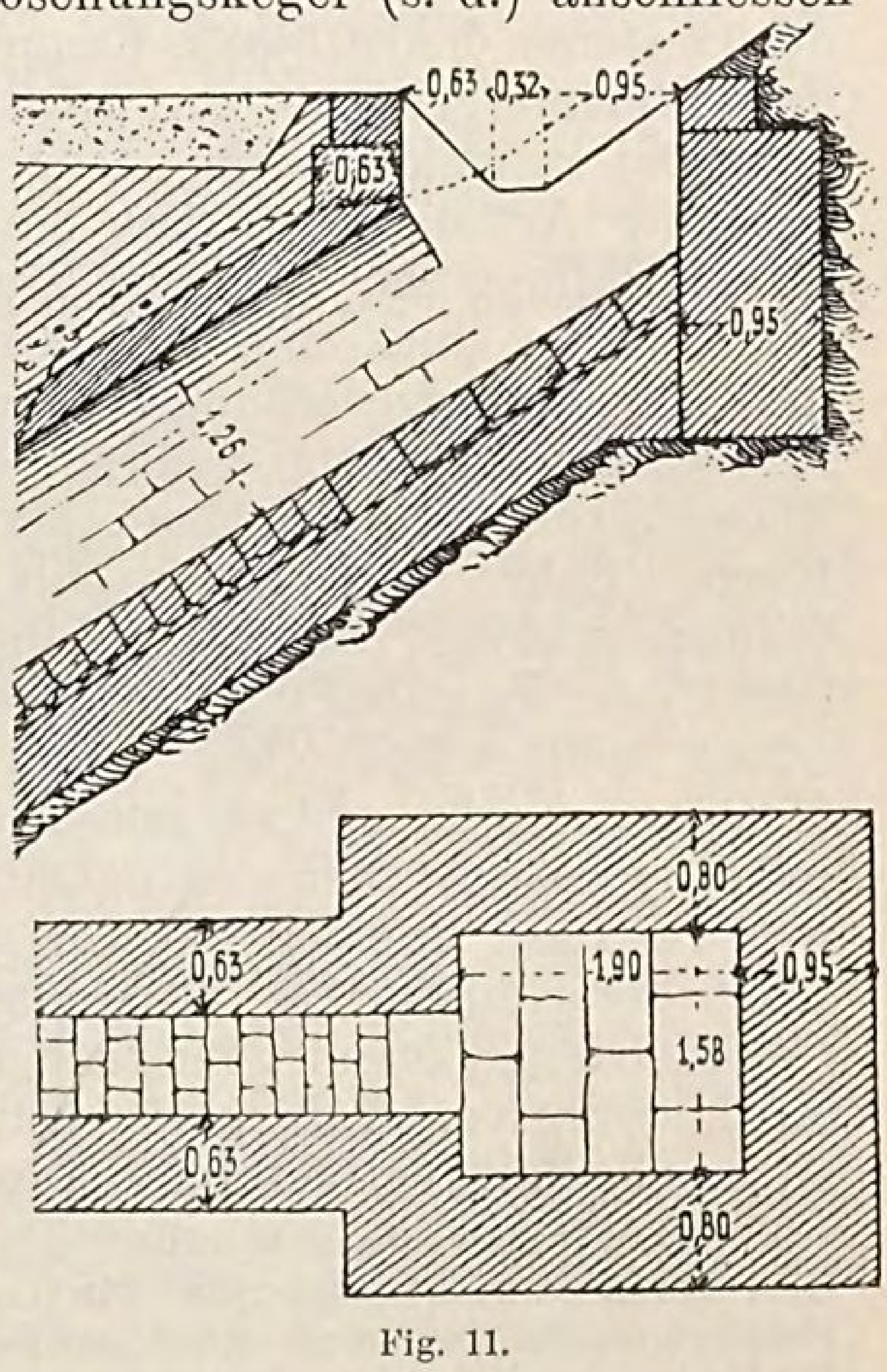


Fig. 11.

Litteratur: [1] Zeitschr. d. österr. Ing.- u. Arch.-Ver. 1868, S. 83. — [2] Civilingenieur 1866, S. 135. — [3] Organ für die Fortschr. des Eisenbahnwesens, 9. Suppl.-Bd., S. 87. — [4] Zeitschr. f. Bauwesen 1859, S. 417. — [5] Deutsche Bauztg. 1871, S. 284. — [6] Sitzungsprotokolle des Vereins für Baukunde in Stuttgart 1874, 1. Halbj., Heft 1, S. 26. — [7] Zeitschrift des österr. Ingen.- u. Arch.-Ver. 1875, S. 282. — [8] Zeitschr. f. Bauwesen 1894, S. 69. — [9] Schmitt, E., Der Erdkunstbau auf Strassen und Eisenbahnen, Teil I: Futtermauern und Durchlässe, Leipzig 1871. — [10] Bauer, G., Regeln für den Bau der Durchlässe, München 1871. — [11] Heinzerling, F., Die Brücken der Gegenwart, Abt. 2, Heft 1: Durchlässe, Viadukte und kleine Brücken, Aachen 1875. — [12] Hänel, G. A., Konstruktionslehre für Ingen., Abt. 1, Stuttgart 1861. — [13] Henz, L., Normalbrücken und Durchlässe, Berlin 1869. — [14] Heinz, C., Beiträge zum Bau der Brücken, Durchlässe und Futtermauern bei Eisenbahnen, Berlin 1874. ***Schmitt-Darmstadt.***

Durchlässe der Schiffahrtskanäle, s. Schiffahrtskanäle.

Durchlässigkeit der Gesteine nennt man die Fähigkeit derselben, Wasser durch ihre Poren (kapillare Zwischenräume), sowie durch Hohlräume, Klüfte, Spalten etc. eindringen zu lassen und abzuleiten. Das Porenvolumen im Verhältnis zum Gesamtvolumen eines kompakten Gesteinsstücks gibt das Mass für dessen grösste spezifische Wasseraufnahmefähigkeit (Wasserkapazität); die Zwischenräume zwischen den einzelnen (kompakten, ein Gebirge zusammensetzenden) Gesteinsstücken können sowohl kapillar als nichtkapillar sein und fassen ein weiteres Wasservolumen. Addirt man beide, so erhält man die ganze Aufnahmefähigkeit eines mit Wasser gefüllten Gebirgsraumes. Ist von diesem

Raume ein Wasserabfluss nicht möglich, so hört dessen Durchlässigkeit nach erfolgter Sättigung auf; ist — wie in den meisten Fällen — der Abfluss eines bestimmten Quantums möglich, so vermag das Gestein auf die Dauer ein diesem gleiches Wasserquantum kontinuirlich durchzulassen, eventuell auch ein geringeres, niemals ein grösseres. Die Wasseraufnahmefähigkeit im bestimmten Falle entspricht also nicht der Durchlässigkeit. Die letztere ist vielmehr eingeschränkt durch die Abflussverhältnisse im Untergrund und im übrigen um so grösser, je mehr nichtkapillare Zwischenräume das Gebirge enthält. Zur Beurteilung der Durchlässigkeit ist es aber von grösster Bedeutung, die soeben erwähnten Faktoren kennen zu lernen. — Das Porenvolumen der Gesteine ist bedingt zunächst durch die feinen, haarförmigen Spaltrisse der Gesteinsgemengteile, welche teils wirkliche kristallographische Spaltungslinien darstellen, teils auch auf Zertrümmerung zurückzuführen sind, welche die Gemengteile durch molekulare Veränderungen (Volumenvermehrungen bei Umwandlungen der Gemengteile) oder bei dem Festwerden des Gesteins oder durch Gebirgsdruck erleiden. Alle Gesteine führen solche Spaltrisse, wenn sie einen gewissen Grad von Sprödigkeit besitzen. Des weiteren sind die Hohlräume die Folge von Substanzverlusten durch Auslaugung und Zersetzung oder sie sind unmittelbare und ursprüngliche Unvollständigkeiten in der Raumerfüllung des Gesteins. Letztere Hohlräume treten bei den Eruptivgesteinen entweder in einer feinen Blasenbildung dann auf, wenn sich die Gesteinsmagmen lavaartig über die Oberfläche oder im Wasser ergiessen, oder aber sie sind wie bei den Trümmergesteinen bei Sandsteinen, Konglomeraten und Breccien durch die unvollständige Ausfüllung der zwischen den einzelnen Gesteinselementen (Sandkörner, Geröllen, Bruchstücken) bleibenden Zwischenräume entstanden. Sie nehmen wohl unter allen kapillaren Zwischenräumen der Gesteine den grössten Raum ein und daher ist das Wasserfassungsvermögen der Trümmergesteine am grössten. Unbedingter Mangel an Kapillarräumen kann bei keinem Gestein nachgewiesen werden, da diejenigen, welchen die erstgenannte Art der Spaltrisse fehlen, solche Kapillarräume durch unvollständige Raumerfüllung in erhöhtem Masse besitzen. Am ärmsten daran sind im allgemeinen die stock- und gangförmigen Eruptiv- und Massengesteine und besonders ihre glasigen Ausbildungsweisen (auch Gneisse, Granulite, Hälleflinten, Hornblendeschiefer, Gabbro), ferner die Kalksteine, Dolomite, Steinmergel, Phyllite, Thonschiefer, Schieferthone, besonders aber Gesteine von feinem und dichtem Korn. Sehr reich an kapillaren Hohlräumen sind mittel- bis grobkörnige Glimmerschiefer, wenn der Glimmer ein basischer (Biotit) ist. Er unterliegt leicht der Umwandlung und erleidet hierbei eine Aufblätterung und Lockerung seiner Spaltungslamellen. Diese lösen sich leicht von einander und von quarzigen Gemengteilen los und veranlassen so neben einem raschen Zerfall eine verhältnismässig grosse Aufnahmefähigkeit für Wasser. Die ergussförmigen Eruptivgesteine wie die Lava besitzen nur bei sehr geringer Grösse der Blasenräume die Eigenschaft der Kapillarität. Grossblasige Laven, sowie solche mit ausgefüllten Blasen (Mandelsteine) kommen für die Kapillarität weniger in Betracht. Dolomite, die durch Auslaugung von Kalk porös und zellig geworden sind oder zu Sand zerfallen, besitzen ebenfalls beträchtliche Kapillarräume, ähnlich wie Zellen- und Schaumkalke.

Das Wasseraufnahmevermögen bis zum wassersatten Zustand ist nach [1] für die einzelnen Gesteine in Gewichtsprozenten: für Granit, Syenit, Gabbro, Diorit, Diabas, Porphyre, Melaphyre, Porphyrite, Basalte, Andesite, überhaupt für alle nicht blasigen, frischen Eruptivgesteine, dann für Gneisse und Hornblendeschiefer etwa 0,5—1,0 %; für Trachyte des Siebengebirges 2,0—5,5 %; für Quarzite je nach der geringeren und grösseren Porosität, Hornstein oder quarzitischen Sandstein 0,2—2,0 %, Kalksteine, dicht bis körnig, 0,3—2,0; oolithische Kalksteine nehmen 4—9 % Wasser in sattem Zustand auf. Dolomite verhalten sich wie Kalksteine, je nach der Korngrösse und dem Vorhandensein eines oolithischen Gefüges. Thonschiefer und Phyllite nehmen 0,2—0,8 % Wasser auf, Grauwacken 0,3—0,6 %, Sandsteine je nach der Dichtigkeit, Korngrösse und Feldspatführung 1—10 %, z. B. Sandstein von Oberkirchen in Westfalen 3,5 %, von Cudowa (Schlesien) 2,6 %, von Dielkirchen (Pfalz) 2,2 %, von Obersulzbach (Pfalz) 5,0 %, von Lauterecken 6,7 %, Vogesensandstein von Wasselnheim (Elsass) 6,4 %, Buntsandstein von Cordel bei Trier 6,6 %, von Miltenberg a. M. 10,7 %, von Burgpreppach (Unterfranken) 11,5 bis 13,0 %. Die Gegenwart von thonigem Bindemittel im Sandstein mindert die Aufnahmsfähigkeit. Konglomerate enthalten bis zu 20 % (Nagelfluh von Braunenburg a. Jura), Kalktuff 10—20 %, Tuffe 10—25 % Wasser im satten Zustand.

Die in zweiter Linie [2] für die Durchlässigkeit der Gesteine in Betracht kommenden Hohlräume sind im wesentlichen das Ergebnis der gebirgsbildenden Kräfte bei allen Gesteinen und der Zusammenziehung beim Erstarren und Verfestigen der Eruptiv- und Trümmergesteine. Durch die Zusammenziehung und Schrumpfung der Erdrinde sind einerseits Einbrüche, Einsenkungen von Rindenteilen und andererseits Zusammenquetschungen, Faltungen und Aufpressungen von gebirgsbildenden Gesteinen, besonders von Schichtgesteinen, entstanden. Diese unmessbar grossen Kraftäusserungen haben die Gesteine in ausserordentlicher Weise zertrümmert und die einzelnen Gebirgsfragmente auch gegen einander verschoben. Als Ergebnis der Zertrümmerung sind die zahlreichen enggedrängten Klüfte und klaffenden Spalten in den gefalteten Gebirgen, besonders in den Schichtgesteinen, aufzufassen. Vielfach sind aber die mit den Störungen des Gebirgs zusammenhängenden Klüfte nachträglich durch Einführung von Zersetzungs- und anderen fremden Mineralprodukten wieder geschlossen und für die Durchlässigkeit bedeutungslos. Ein anderer Teil der Klüfte, insbesondere diejenigen, welche durch Absonderung (s. d.) entstehen, ist in den Gesteinen auch da vorhanden, wo die gebirgsbildenden Kräfte oder der Gebirgsdruck weniger gewirkt haben, also in den ziemlich normal gelagerten Gesteinen. Die Zerklüftung durch Absonderung ist im allgemeinen eine gleichmässige und enger gedrängte als die durch Gebirgsdruck erzeugte. Letztere zeigt sich meist nur in der Nähe grosser Verschiebungen und Verwerfungen. Sowohl bei Eruptiv- wie bei Schichtgesteinen sieht man, dass das Mass der Zerklüftung mit der wachsenden Grösse des Gesteinskorns abnimmt, also zu letzterer im umgekehrten Verhältnis steht. Die feinkörnigen und dichten Arten der spröden Gesteine zeigen die engste Zerklüftung und den Zerfall in die kleinsten Bruchstücke. Dichte und feinkörnige Porphyre und Porphyrite zerfallen durch Absonderung in faustgrosse Bruchstücke, mittelgrobkörnige Granite, Syenite, Diabase, Gabbro, Gneisse, Kalksteine, Sandsteine, Breccien und Konglomerate u. s. w., sondern in mehrere Kubikmeter grossen Blöcken ab. Thonschiefer und die noch weniger spröden Schieferthone und Thone zeigen neben der Schieferung eine quer zur Schichtung gerichtete Klüftung nur in geringem Masse, wohl aber eine ausserordentlich feine Schichtung und zwischen den Schichtflächen sehr dünne, haarförmige Zwischenräume. Sie schliessen sich aber bei der Wasseraufnahme durch Volumvermehrung des Thones sehr rasch und gehen für die Durchlässigkeit nahezu verloren. Sind offene Klüfte und Spalten auch bei diesen Gesteinen durch Gebirgsdruck geschaffen worden, so hat die leichte Verwitterung und grosse Bewegungsfähigkeit der thonigen Massen diese Klüfte bald wieder geschlossen. Ihre Wasserfassung ist aber, wie oben bemerkt, eine ausserordentlich niedrige und durch den Mangel an starker Zerklüftung wird sonach ihre Durchlässigkeit noch mehr herabgedrückt, so dass man füglich Thonschiefer und Schieferthone zu den am wenigsten durchlässigen Gesteinen rechnen muss. Reine Kalksteine, deren Wasserfassungsvermögen nicht sehr gross ist, werden als Gebirgsmasse durch die von kohlensäurehaltigen Sickerwassern erzeugte Erweiterung ihrer Klüfte (Karren- und Höhlenbildung) allmälich durchlässiger. Bei mergeligen und thonigen Kalksteinen wirkt die Auflösung wohl auch, allein sie erreicht bald dadurch ihren Stillstand, dass die frei werdenden Thonteilchen die gebildeten Klüfte wieder verstopfen und so das Eindringen der Sickerwasser hemmen. Sandsteine und Konglomerate sondern meist in grösseren Blöcken ab; wenn ihre Gemengteile nicht thoniger Natur sind, bleiben die Klüfte auch gewöhnlich offen und sind in hervorragendem Masse geeignet, Kanäle für die Bewegung der Sickerwasser zu bilden. Das Vorhandensein thoniger Beimengungen oder solcher Mineralien, welche wie Feldspate in ihrem Verwitterungsverlauf mit einem thonigen Endprodukt abschliessen, ist für die Beurteilung der Wasseraufnahmsfähigkeit und der Durchlässigkeit von nicht geringer Bedeutung, weil vorhandene kapillare Hohlräume und Gebirgsklüfte in diesem Falle der Verstopfung und Schliessung unterliegen, soweit sich nicht die kapillaren Räume durch Volumvermehrung des Thones bereits geschlossen haben. Quarzsandsteine, Quarzite, Glimmerschiefer zeigen bei

gröberem Korn die haarförmigen Spalten und Gebirgsklüfte am meisten offen. Für alle nicht spröden Gesteine, also für Sand, Lehm, Löss, Kies, Moränenschutt, kommen Gebirgsklüfte der Durchlässigkeit nicht zu Hilfe. Sie entbehren derartiger Hohlräume, besitzen aber, soweit sie nicht thonige Beimengungen führen, der vielen, durch unvollständige Raumerfüllung erzeugten kapillaren und nicht kapillaren Hohlräume wegen, ein um so grösseres Wasserfassungsvermögen (Sand, Kies). Die Gebirgs- und Absonderungsklüfte in den Gesteinen spielen in der Durchlässigkeit des Gesteins eine andere Rolle als die kapillaren Räume. Diese saugen das Sickerwasser auf und setzen dem nach der Tiefe strebenden Wasser ein Hemmnis entgegen, sie halten es also lange fest und geben es sehr allmälich an die Klüfte ab, welche dem Niedersinken keinen oder nur wenigen Widerstand entgegensetzen und deshalb wahre Kanäle des unterirdisch fliessenden Wassers bilden. Nur in den seltensten Fällen wird man die Gebirgsklüfte bis an die Oberfläche reichen sehen. Sowohl in vegetationslosen, wie in bewachsenen Gebieten schliessen sich die Klüfte durch die vom nicht einsinkenden Regen zusammengeschwemmten Verwitterungsteilchen der Gesteine oder durch die unter dem Einfluss der Pflanzenbedeckung sich vollziehende Auflockerung und dem Zerfall der Gesteine. Insbesondere die Schichtgesteine, Kalksteine, Sandsteine, Mergel u. s. w. schliessen ihre Gebirgsklüfte vom Tag aus durch die Verwitterung und Lockerung der oberflächigen Schichten sehr bald, während spröde Eruptivgesteine mehr offene Klüfte zeigen. Der Einfluss der Gebirgsklüfte auf die Durchlässigkeit kommt erst in der Tiefe zur vollen Geltung, während sie für die Abfuhr der Tagwasser zuweilen vollkommen ausser Betracht bleiben können. Die Speisung der Quellen und die Ergiebigkeit der unterirdischen Wasserbehälter sind Funktionen des Volumens der Gebirgsklüfte.

Leider vermag man den Anteil der Gebirgsklüfte an der Durchlässigkeit der Gesteine bis jetzt nicht einer rechnerischen Betrachtung zu unterziehen. Die Zahl, die Grösse und der Verlauf dieser grossen Hohlräume ist durch Verwitterungsboden und Vegetation der Beobachtung gänzlich entzogen und es sind meist nur auf die Häufigkeit und den Verlauf der Verwerfungen gegründete Vermutungen, welche die Wissenschaft bietet. Für die Beurteilung der wirklichen Durchlässigkeit bleibt sonach zunächst nur die Bestimmung des Wasserfassungsvermögens als verhältnismässig zuverlässigste Grundlage übrig. Um aber über seine Grösse einen brauchbaren Massstab zu erlangen, müssen von möglichst vielen Abänderungen eines gebirgsbildenden Gesteins Bestimmungen ausgeführt werden. Der hieraus sich ergebende Mittelwert der Wasserfassung kann Berechnungen zu Grunde gelegt werden. Es ist indessen stets in Betracht zu ziehen, dass nur der geringste Grad der Durchlässigkeit eines Gesteins in einer Schichtenreihe die Durchlässigkeit der letzteren im allgemeinen bestimmt und in Anschlag zu bringen ist. Ist in einer mächtigen und sehr wasseraufnahmefähigen Sandsteinreihe eine dünne Thonschicht vorhanden, so wird sie zwar die Durchlässigkeit der überlagernden Sandsteine nicht hindern, diejenige der unterlagernden aber nicht zur Geltung gelangen lassen. Da Gebirgsklüfte bei spröden Gesteinen niemals fehlen, so muss der Grad der Durchlässigkeit stets denjenigen der Wasserfassung übersteigen. Der Wert der Klüftung für die Durchlässigkeit wird nur in ganz seltenen Fällen, z. B. in der Nähe von starken Störungen (Verwerfungen) das Mehrfache, unter gewöhnlichen Umständen aber nur ein Bruchteil des Wasserfassungsvermögens sein.

Die Durchlässigkeit eines Gesteins kommt zur vollen Geltung, wenn die Zufuhr des Wassers eine mässige und gleichheitliche ist und das Fassungsvermögen des Gesteins nicht übersteigt. Es werden daher für die Ausgleichung der Niederschläge und ihr grösstmögliches Eindringen in den Boden eine horizontale Lage der Gesteinsoberfläche und ihre Bedeckung mit Humus und Wald von grösster Wichtigkeit sein (Quadersandstein-, Buntsandsteingebirg). Für das Zustandekommen der Quellen (s. d.) ist die Durchlässigkeit des Gesteins neben dem Vorhandensein einer Stauwand der wichtigste Faktor, und man kann nach der Menge des von einem einheitlich durchlässigen Gestein abfliessenden Quellwassers einen annähernd richtigen Schluss auf die Durchlässigkeit ziehen. Im umgekehrten Verhältnis steht die Durchlässigkeit [3] zur Hochwasserbildung.

Litteratur: [1] Mitteilungen aus den kgl. techn. Versuchsanstalten zu Berlin, 1892, X, 188; Koch, M., Die natürlichen Bausteine Deutschlands, Berlin 1892. — [2] Daubrée, A., Les eaux souterrains à l'époque actuelle, Paris 1887, I, 7 u. 129; Synthetische Studien zur Experimental-Geologie, deutsch von A. Gurlt, Braunschweig 1880, 358. — [3] Lueger, O., Die Wasserversorgung der Städte, Darmstadt 1891, 205.

Leppla.

Durchlässigkeitsprüfer für Mörtel etc. s. Hydraulische Bindemittel.

Durchlaufende Träger, Balken, Bogen, s. Balken, kontinuirliche und Bogen, kontinuirliche.

Durchlaufgleis, ein für den Verkehr der Lokomotiven frei zu haltendes Gleis; s. Bahnhöfe.

Durchmesser, a. eines Kegelschnitts [1], ist eine Gerade durch den Mittelpunkt desselben, zugleich der Ort der Mittelpunkte eines Büschels paralleler Sehnen. Unter diesen befindet sich auch ein Durchmesser, welcher konjugirt zum ersten genannt wird und auch alle zum ersten parallele Sehnen halbirt. Während bei der Parabel alle Durchmesser zur Axe parallel sind, gibt es bei der Ellipse und Hyperbel ein Paar zu einander rechtwinkeliger konjugirter Durchmesser: die Hauptaxen. Durchmesser heisst auch die Strecke zwischen den Schnittpunkten eines Durchmessers mit dem Kegelschnitt, wenn diese reell sind. Bei der Ellipse ist die Summe der Quadrate zweier konjugirten Durchmesser konstant. Im Kreis sind alle Durchmesser, bei der gleichseitigen Hyperbel je zwei konjugirte einander gleich.

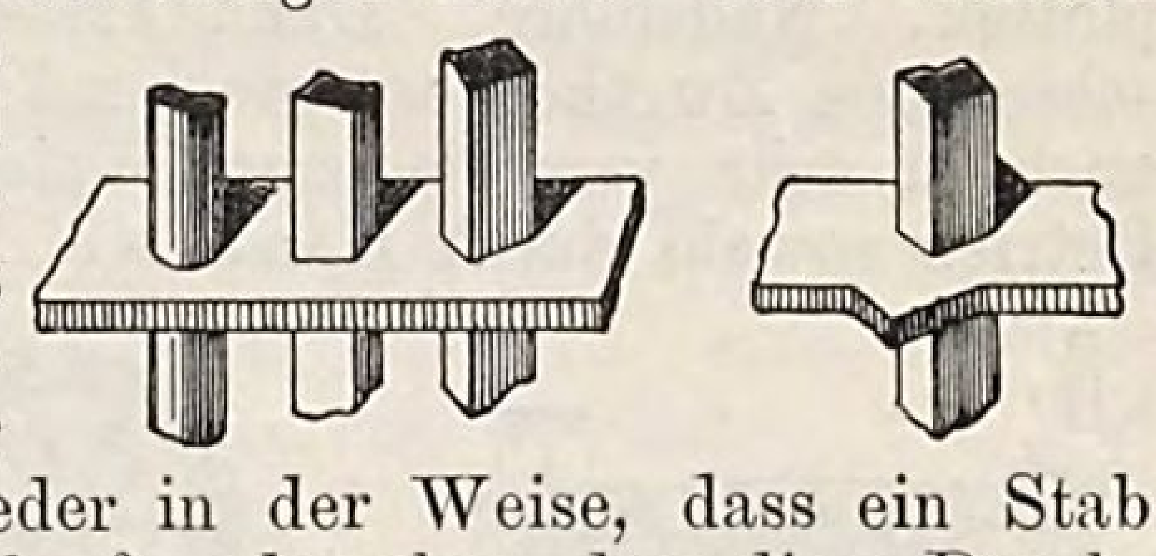
b. einer Fläche zweiter Ordnung [2] ist eine Gerade durch den Mittelpunkt derselben, zugleich der Ort der Mittelpunkte aller Kegelschnitte, in welchen die Fläche von einem Parallelebenenbüschel geschnitten wird. Von diesen geht eine durch den Mittelpunkt der Fläche und heisst die zum Durchmesser konjugirte Diametralebene, zugleich der Ort der Mittelpunkte aller zum Durchmesser parallelen Sehnen. Drei Durchmesser heissen konjugirt, wenn je die Ebene zweier derselben eine zum dritten konjugirte Diametralebene ist. Dann heissen auch die Ebenen je zweier dieser Durchmesser drei konjugirte Diametralebenen. Bei Ellipsoiden und Hyperboloiden gibt es drei auf einander senkrechte Durchmesser: die Hauptaxen; die zugehörigen Diametralebenen sind die Hauptebenen. Bei den Paraboloiden sind alle Durchmesser parallel, bei der Kugel alle gleich.

Litteratur: [1] Salmon, G., Analytische Geometrie der Kegelschnitte (deutsch von W. Fiedler), 4. Aufl., Leipzig 1878, S. 136 ff., 236 f. — [2] Salmon, G., Analytische Geometrie des Raumes, deutsch von W. Fiedler, 3. Aufl., 1. Teil, Leipzig 1879, S. 89 ff. *Wölffing.*

Durchrättern, s. Siebvorrichtungen.

Durchsacken, s. Festigkeit der Schiffe.

Durchschieben nennt man jene Art der Eisenverbindung, bei der ein Stab oder eine Platte (s. Fig.) durch einen andern hindurch gesteckt worden ist. Stellt man in neuerer Zeit die dazu notwendigen Löcher auch vielfach durch Bohren oder Stanzen her, so muss doch infolge des eintretenden Materialverlustes und der dadurch bewirkten Schwächung davon abgeraten und empfohlen werden, das Loch mittelst Aufhauens herzustellen. Diese Art der Eisenverbindung wurde besonders im Zeitalter der Renaissance viel angewendet, und zwar entweder in der Weise, dass ein Stab der Reihe nach die durchlochten Stäbe durchlauft, oder aber, dass diese Durchdringung eine abwechselnde wird, so dass die Stäbe abwechselnd gelocht werden müssen. Die verschränkte Durchschiebung ist zwar umständlich, ergibt aber eine sehr solide und deshalb empfehlenswerte Verbindung. *Hoch.*



Durchschlag ist ein am unteren wirksamen Ende senkrecht zur Länge abgeschliffener Meissel, welcher in die Oeffnung einer darunter befindlichen Matrize oder Lochscheibe genau hineinpasst, so dass durch auf den Durchschlag geführte Hammerschläge aus einem zwischen dem Durchschlag und der Lochscheibe befindlichen Bleche durch Scherwirkung ein Scheibchen (Putzen) herausgedrückt wird, dessen Form mit dem Querschnitte des Durchschlags übereinsimmt (s. Blechbearbeitung und Schmieden).

Durchschlag heisst die offene gegenseitige Verbindung zweier bergmännischer Baue. Für durchschlagen sagt man auch durchschlägig werden oder löchern. Von zwei bergmännischen Bauen, deren offene Verbindung beabsichtigt wird, heisst beim Streckenbetriebe der eine das Ort, der andere das Gegenort; bei der Herstellung eines Schachtes spricht man vom Durchschlag des Abteufens und des Ueberhauens (s. d.). Bei derartigen Durchschlägen hat das genaue

Zusammentreffen der Betriebe nach Richtung und Höhenlage grösste Wichtigkeit; es werden, um dies zu gewährleisten, besondere, sehr sorgfältige markscheiderige Vermessungen nötig, welche Durchschlagszug (s. auch Markscheidekunst) genannt werden. *Treptow.*

Durchschlagszug, s. Durchschlag.

Durchschnitt, auch Durchbruch, Durchstoss, Stossmaschine, Lochmaschine genannt, dient zur Herstellung von Oeffnungen oder Durchbrechungen in Blech und wirkt in derselben Art wie der Durchschlag, von welchem er sich dadurch unterscheidet, dass der die Oeffnung erzeugende Stempel nicht durch Hammerschläge, sondern durch eine Druckkraft angetrieben wird. Zu dem Behufe ist der Stempel in einem zwischen Führungen genau gerade geführten Schieber befestigt, welcher durch einen Hebel, eine Schraube oder eine Kurbel (Exzenter) bewegt wird; auch hat man hierzu dem Schieber die Form des Kolbens einer hydraulischen Presse gegeben, so dass die Bewegung durch Wasserdruck vermittelt wird. — Der Durchschnitt fand ursprünglich in Münzwerkstätten und Knopffabriken zum Ausschneiden runder Scheiben Anwendung; neuerdings wird er zu den mannigfachsten Zwecken gebraucht, sowohl um Gegenstände von bestimmter Form aus Blech (auch aus Papier) auszuschneiden, z. B. Kettenglieder, Uhrzeiger, Schlossteile, Unterlegscheiben, Stahlfedern, wie auch um Gegenstände schneller als durch Bohren möglich ist, mit Löchern von bestimmter Grösse zu versehen, z. B. Siebplatten, Nadelöhre, Dampfkesselbleche. Diesen verschiedenen Zwecken entsprechend wird der Durchschnitt auch in sehr verschiedener Weise ausgeführt, für den Betrieb sowohl durch Hand- wie Maschinenkraft.

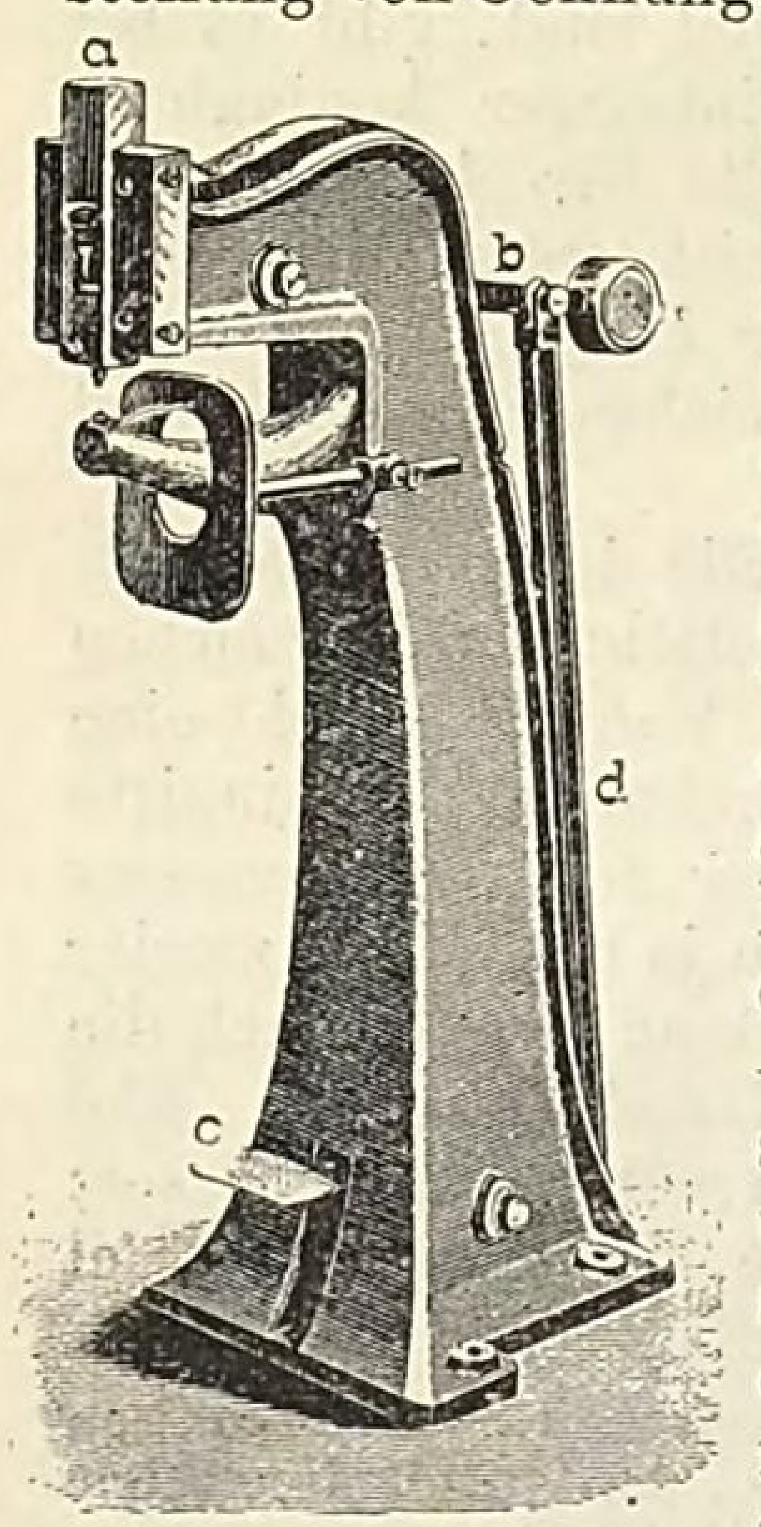


Fig. 1.

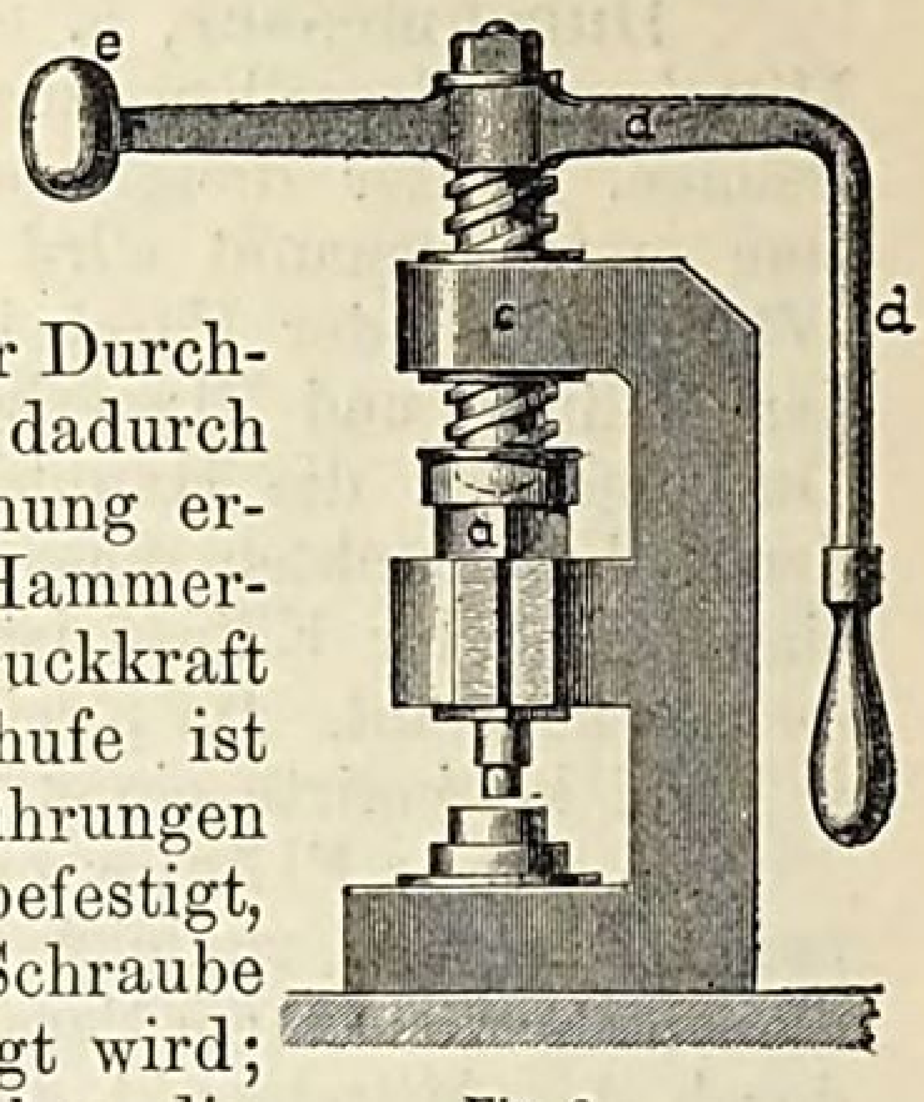


Fig. 2.

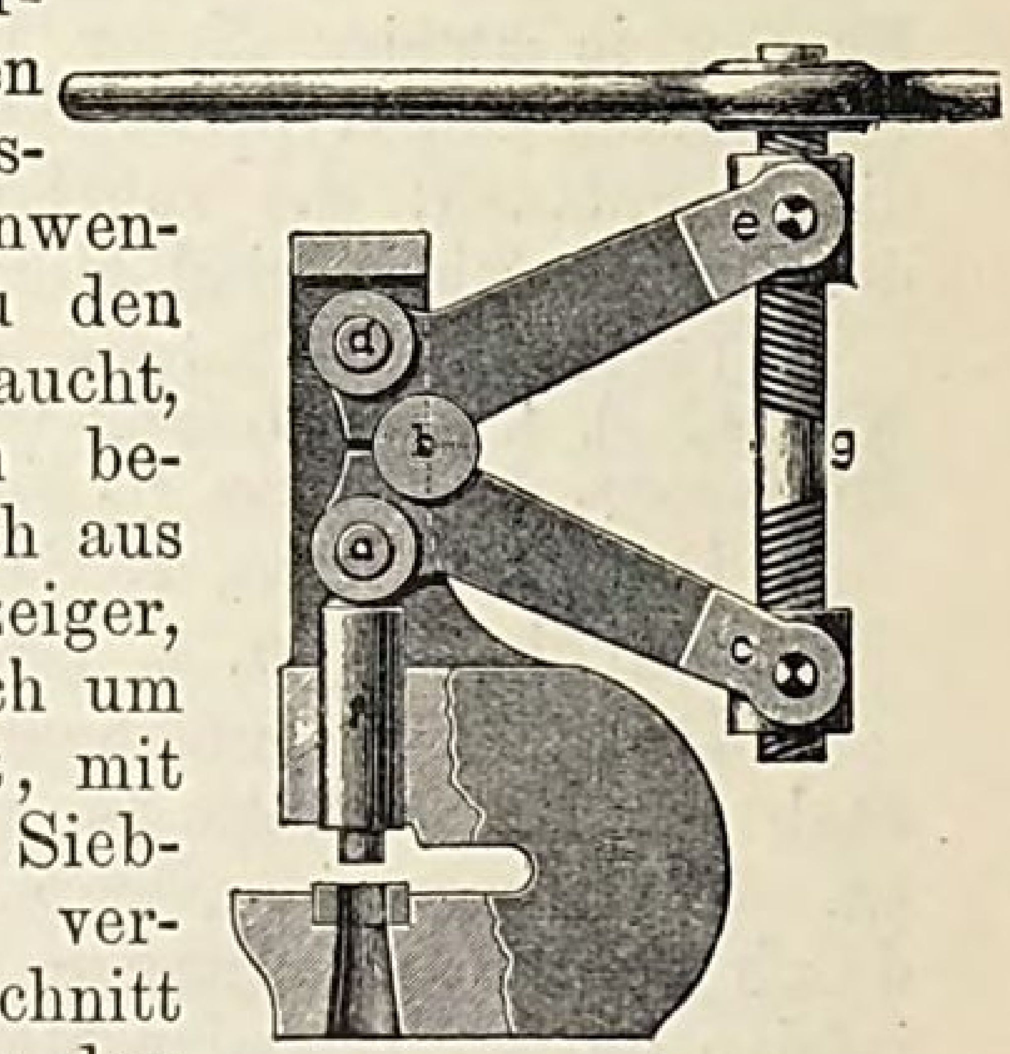


Fig. 3.

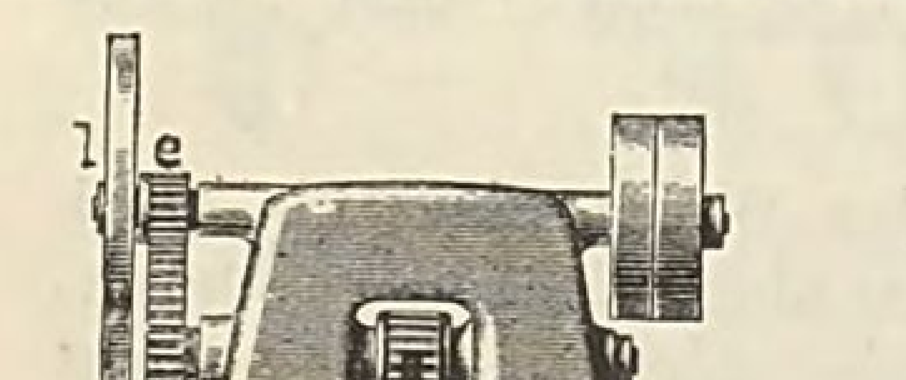


Fig. 4.


Fig. 4 a.

Fig. 1 zeigt die Bewegung des Schiebers *a* durch einen Hebel *b*, welcher von einem andern Hebel *c* mittelst der Schubstange *d* durch den Fuss des Arbeiters bewegt wird [1]. Dagegen zeigt Fig. 2 die Bewegung des Schiebers *a* durch eine Schraubenspindel, welche ihre Muttergewinde in dem Gestelle bei *c* erhält und von dem Hebel *d* mit dem Schwunggewichte *e* umgedreht wird, so dass eine stossende Wirkung stattfindet. Die Schraubenspindel erhält hierbei so steile Gewinde, dass schon $1/4$ bis $1/3$ Umdrehung derselben zum Durchdrücken des Loches ausreicht. In Fig. 3 ist eine Lochpresse gezeichnet, wie sie angewendet werden kann, um durch dickere Bleche die zum Nieten erforderlichen Löcher hindurch zu drücken [3]. Die beiden Winkelhebel *abc* und *dbe* wirken hierbei nach Art eines Kniegelenkes mit grosser Kraft auf den Lochstempel *f*, sobald man sie an ihren äusseren Armen *c* und *e* mittelst der Schraube *g* an dem Hebel *h* zusammenzieht. Zum Durchstossen der Nietlöcher in den 10 bis 15 mm starken Blechplatten der Dampfkessel dient das in Fig. 4 und 4 a dargestellte Lochwerk, welches ausser dem Durchschnitt bei *a* gleichzeitig eine Schere bei *b* zum Beschneiden der Blechtafeln enthält [2]. Zur Bewegung der Schieber *c* und *d* des Lochstempels und oberen Scherblattes dienen hier zwei exzentrische Zapfen auf den beiderseitigen Enden einer quer durch das Gestell hindurchgeführten Axe, die durch Vermittelung der Zahnräder *ef* und *gh* von der Riemscheibe aus bewegt wird. Das Schwung-

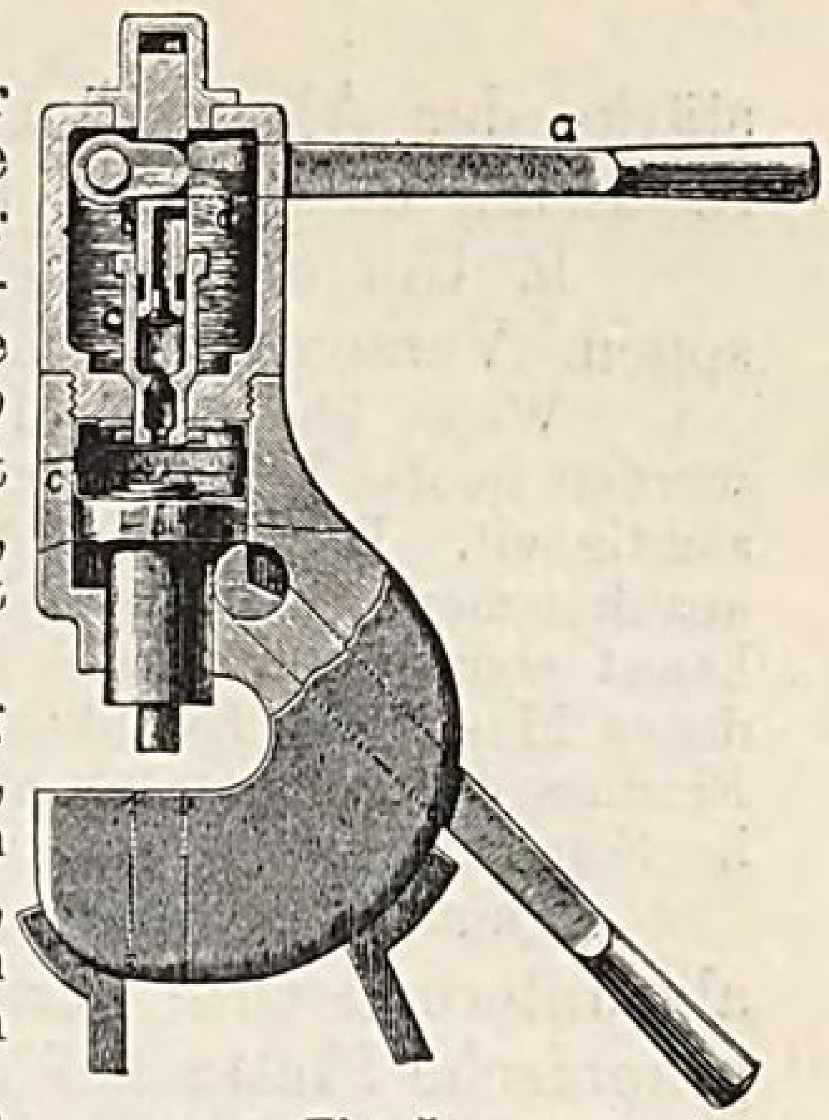


Fig. 5.

rad l dient hierbei nicht nur zur möglichsten Ausgleichung der Bewegung, sondern auch dazu, um durch die in ihm aufgespeicherte Arbeit den Widerstand bei dem Lochen zu überwinden, wenn der Zug des Riemens dazu nicht ausreicht. Wie man hydraulische Lochwerke ausführt, ist aus Fig. 5 ersichtlich [3], woraus man erkennt, wie man durch die Schwingung des Händels a den kleinen Pumpkolben b in seinem Cylinder c auf und nieder bewegt, wodurch die Flüssigkeit (Oel, Glycerin) aus dem Behälter d in den Cylinder e gepresst wird, woselbst sie durch den Druck auf den Kolben f denselben verschiebt und die Lochung bewirkt.

Die Kraft zum Durchstossen einer Oeffnung, deren Umfang gleich f mm ist, beträgt bei einer Blechstärke von δ mm, $P = f\delta k$, worin k den Abscherungswiderstand für 1 qmm bedeutet, welchen man nach Karmarsch setzen kann, $k = 40$ kg für Schmiedeeisen, $k = 22$ kg für Kupfer und $k = 4{,}25$ für Blei. Für einen cylindrischen Stempel vom Durchmesser d mm ist $P = \pi d \delta k$ und die Arbeit zum vollständigen Durchdrücken $A = P\frac{\delta}{2} = \pi d \frac{\delta^2}{2} k$. Bei dem Lochen von Eisenblech darf das Loch höchstens einen Durchmesser d gleich der Blechdicke δ haben, wenn der (stählerne) Stempel vor dem Abbrechen gesichert sein soll.

Litteratur: [1] Preisbuch der Maschinenfabrik von L. Schuler in Göppingen. — [2] Katalog der Sächs. Maschinenfabrik, vorm. Rich. Hartmann in Chemnitz. — [3] Weisbach-Herrmann, Ing. u. Masch.-Mechanik, Teil 3, Abt. 3, Braunschweig 1889. *Herrmann.*

Durchschnitt, eine Bauzeichnung, welche ein Gebäude (oder andern Gegenstand) durch eine lotrechte Ebene geschnitten darstellt und so dessen Inneres mit seinen Konstruktionen, Verhältnissen und Massen u. s. w. klarlegt. Es kann dies in geometrischer oder perspektivischer Zeichnung geschehen. Man unterscheidet Quer- und Längendurchschnitte. Bei Gebäuden ist ersterer für die Feststellung des gesamten inneren Aufbaues unerlässlich. Der Grundriss ist ein durch ein Stockwerk gelegter Durchschnitt in wagrechter Richtung. Zur Verdeutlichung der Darstellung eines Durchschnittes dienen am besten Farbenangaben, welche die verschiedenen zur Verwendung kommenden Baustoffe näher bestimmen; weniger klar wird dies durch Schraffirung erreicht. *Weinbrenner.*

Durchschnitt, s. auch Zeichnen, technisches und Direkte Beobachtungen.

Durchschnittlicher Fehler, s. Genauigkeit.

Durchschnittschacht, ein Schacht, welcher mehrere Abbausohlen in der Grube mit einander verbindet, aber nicht bis zu Tage geht.

Durchschuss, s. Buchdruckerkunst, Bd. 2, S. 753.

Durchsichtigkeit, a. der Luft, b. des Wassers. — a. Gegenstände, welche in einer gewissen Entfernung von dem Beschauer sich befinden, werden von diesem nicht mehr deutlich gesehen, wenn auch die Distanz noch nicht so gross ist, um bereits den Einfluss der Erdkrümmung hervortreten zu lassen. Dies rührt daher, dass die Luft nicht vollkommen, sondern nur bis zu einem gewissen Grade durchsichtig ist. Es ergibt sich demgemäss die Aufgabe, mit Hilfe besonderer Apparate den Durchsichtigkeitsgrad der Atmosphäre zu ermitteln. Wilds polaristrobometrische Methode dürfte wohl die genauesten Resultate ergeben, aber für gewöhnliche Zwecke ist die Messung mit dem Saussure-Schlagintweit'schen Diaphanometer ausreichend genau.

Auf zwei schwarzen Tafeln sind weisse Kreise von den Halbmessern r und R $(r < R)$ angebracht, und diese Tafeln werden nun in gerader Linie so lange vom Beobachter entfernt, bis dieser zuerst den kleineren und sodann den grösseren Kreis aus dem Auge verliert. Diese Entfernungen sollen e und E sein; wäre dann die Luft absolut durchsichtig, so bestünde die Proportion $e : E = r : R$. In Wahrheit bewirkt jedoch die Proportion, dass E nicht gleich $\frac{eR}{r}$, sondern kleiner als $\frac{eR}{r}$ ausfällt. Wenn die kleine Scheibe in der Entferung 1 und bei vollkommener Durchsichtigkeit die Lichtmenge i aussenden würde, so wäre, unter a den Durchsichtigkeitskoefficienten verstanden, $(i.a^e) : e^2$ nach bekannten photometrischen Grundsätzen die thatsächlich aus der Entfernung e dem Auge zugesandte Lichtmenge. Sind nun e_1 und E_1 jene Abstände, in denen die Scheiben gerade verschwinden, so ist

$$\frac{i.a^{e_1}}{e_1^2} = \frac{R^2}{r^2} \cdot \frac{i\,a^{E_1}}{E_1^2}, \text{ und daraus berechnet sich } a = \left(\frac{R^2.e_1^2}{r^2.E_1^2}\right)^{\frac{1}{e_1 - E_1}}.$$

H. von Schlagintweit stellte seine Messungen im Hochgebirge an und fand, dass dort, wo freilich dünne und reine Luft vorherrscht, etwa $^1/_{10}$ der Licht-

stärke der Absorption zum Opfer fällt; in den Niederungen steigt dieser Betrag rasch an, denn Wild bekam für *a* den Wert 0,434.

b. Um die Diaphanität des Wassers zu finden, macht man zumeist von den sogen. Versenkungsscheiben Gebrauch [1].

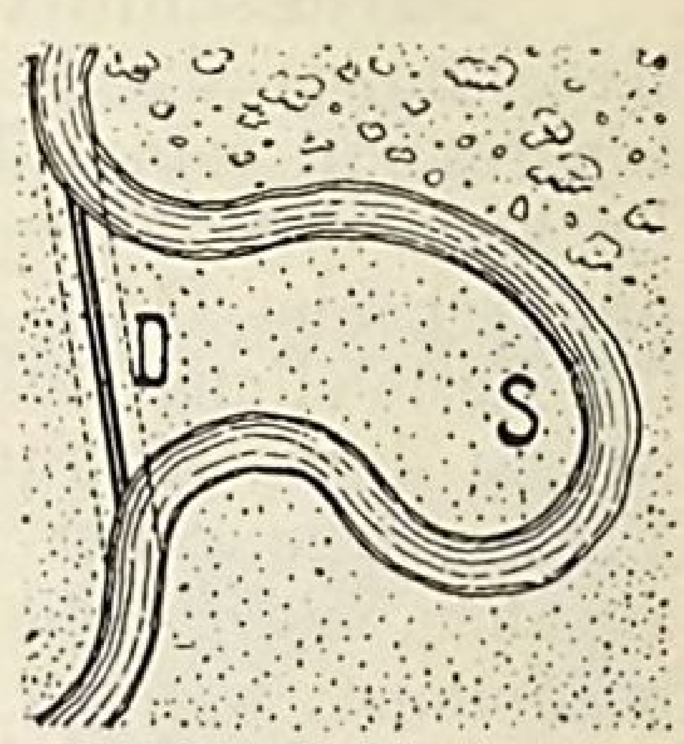
Weiss überzogene Platten — A. und H. von Schlagintweit wählten Marmorplatten — werden in das Wasser eingesenkt und die Verschwindungstiefe gibt dann das Mass der Durchsichtigkeit. Da auf den Stoff, aus welchem die Versenkungstafeln bestehen, auch einiges anzukommen scheint, so können die betreffenden Messungen nicht gerade als sehr exakt anerkannt werden; immerhin ist soviel gewiss, dass verschiedene Gewässer auch ein sehr verschiedenes Mass von Extinktionsfähigkeit für das Licht besitzen. Anscheinend spielt auch der Einfluss der Temperatur mit, denn nach Forel liegt für den Genfer See die Auslöschungsgrenze im Sommer bei 6,6 m und im Winter bei 12,7 m.

Der Physiker Soret hat jüngst den beachtenswerten Vorschlag gemacht, als untere Grenze der Lichteinwirkung jene gelten zu lassen, bei der eine photographische Platte auf das von oben kommende Licht zu reagiren aufhört. Selbstverständlich würde diese Grenze weit tiefer liegen als die ersterwähnte, wie dies besonders die österreichischen Forschungen (der „Pola“) [2] bestätigt haben.

Litteratur: [1] v. Boguslavski, Handb. d. Ozeanographie, Bd. 1, Stuttgart 1884, S. 183 ff. — [2] Luksch-Wolf, Ozeanographische Untersuchungen im östlichen Mittelmeer, Sitzungsber. der kais. Akademie zu Wien. Physik. Kl., 9. Okt. 1890. *Günther.*

Durchstein, s. Durchbinder.

Durchstich nennt man den sofort fertig gestellten oder zur allmählichen Selbsterweiterung durch die Strömung bestimmten neuen Flussschlauch *D*, in welchen ein Fluss aus seinem seitherigen Bett *S* abgelenkt werden soll. Häufig handelt es sich um Abkürzung des Weges für die Schiffahrt bei einer vorhandenen Serpentine; manchmal hat der Durchstich (bei nicht schiffbaren Flüssen) auch den Zweck, durch Senkung des Oberwasserspiegels die Vorflut der angrenzenden Ländereien zu befördern, bezw. die Drainage derselben zu ermöglichen. Ueber die Zweckmässigkeit der Durchstiche und ihre Ausführung s. Flussregulirung.



Durchstoss, -maschine, s. Durchschnitt.

Durchwurfsieb, s. Siebvorrichtungen.

Durchzug, s. Flachsspinnerei.

Durrah, Längenmass in Sansibar, = 0,457 m; 2 Durrah = 1 War.

Dur-Tonleiter-Akkord, s. Schall.

Duschen sind Badeeinrichtungen, bei welchen das Wasser entweder in geschlossenem Strahl (Strahldusche) oder in feiner Zerteilung (Brause) von oben, von der Seite oder von unten gegen den Körper oder einen bestimmten Körperteil — gewöhnlich unter stärkerem Druck — geleitet wird (s. a. Brausen und Badeeinrichtungen). Sie werden in allen grossen Badeanstalten, Kalt- und Warmwasserheilanstalten angewendet, wobei nicht selten die Einrichtung getroffen ist, dass die Wasserzuführung und die Temperaturregelung des Wassers ausserhalb der Badezelle von dem behandelnden Arzt oder Wärter besorgt wird. Zu diesem Zwecke bedient man sich der Mischhähne (s. d.). *Blecken.*

Dutch-Prozess, s. Kupfer.

Duttenmergel und Duttenkalke oder Nagelkalke werden Mergel und Kalke genannt, welche auf den Querflächen zur Schichtung eine regelmässige und parallele, zickzackförmige Liniirung und Absonderung zeigen, so dass der Gesamteindruck derjenige von neben einander gestellten Stössen in einander geschachtelter kegelförmiger Dutten oder Düten ist. Die Entstehung dieser eigenartigen Absonderungsform ist noch nicht aufgeklärt.

Dwars, Schiffsausdruck für querab.

Dwarsnath, s. Schiffbau.

Dwarssahling (Quersahling), s. Bemastung, Bd. 2, S. 240.

Dwt., Abkürzung für Pennyweight (s. d.).

Dyas, Dyasformation (Dyasperiode) heissen in der Geologie diejenigen Schichten, deren Entstehungszeit zwischen die der Steinkohlen- und der Buntsandsteinformation fällt, also die Schichten des Rotliegenden und des Zechsteins.

Dyassandstein werden Sandsteine der Dyasformation und zwar zumeist solche des untern Rotliegenden genannt, von denen manche Lagen im Hochbau grosse Verwendung finden (s. Rotliegendes)

Dyn, s. Absolutes Masssystem.

Dynameter (optisches), Ramsdens Dynameter, ein kleines Instrument, bestehend aus einem in einer Röhre befestigten Plättchen aus Horn oder mattgeschliffenem Glase, welches mit einer feinen Teilung versehen ist und durch eine in die Röhre eingeschobene Lupe betrachtet werden kann. Das Instrument dient zur Messung des Durchmessers des Objektivbildchens des Fernrohrs, welcher zur Bestimmung der Fernrohrvergrösserung benützt wird. *Reinhertz.*

Dynamide, nach Redtenbacher ein Körpermolekül mit der dasselbe umgebenden Aetherhülle (s. Redtenbacher, Das Dynamidensystem, Mannheim 1858).

Dynamik (vom griechischen *δύναμις*, Kraft) bedeutet im strengen Sinne Theorie der Kräfte. Weniger streng wird es vielfach im Sinne der durch Kräfte hervorgebrachten Bewegung genommen und der Statik, der Lehre vom Gleichgewicht der Kräfte, gegenübergestellt. Nach dieser, allerdings nicht ganz korrekten Auffassungsweise (denn Bewegung und Gleichgewicht sind keine logischen Gegensätze) zerfällt die gesamte Mechanik in zwei Teile, die Statik oder die Theorie des Gleichgewichts und die Dynamik oder die Theorie der Bewegung. Diese Einteilung kann nicht wohl aufrecht erhalten werden. So lange die Partien der Wissenschaft der Bewegung, welche unabhängig von Kräften sind, noch von geringerem Umfang waren, konnte man sie der Dynamik einfügen; heutzutage, wo der geometrische Charakter der Mechanik so stark hervortritt, ist dies nicht mehr thunlich. Auch kann man das Studium der Mechanik nicht wohl ferner mit der Definition der Kräfte als den unbekannten Ursachen der Bewegung beginnen, weil man von ihnen nichts lehren kann und sie selbst nur als Hypothesen zulässig sind; vielmehr müssen die Dinge, wovon sie die Ursache sein sollen und aus deren Natur sie konstruirt werden müssen, füglich vorher erörtert sein (die Bewegungszustände der Geschwindigkeit und der Beschleunigungen). Endlich zeigt sich, dass der Begriff der Ursache viel zu unbestimmt gefasst wird, um darauf eine grosse Wissenschaft aufbauen zu können, wenn nicht fortwährend neue Erweiterungen und Prinzipien nötig werden sollen, um so mehr, als es klar ist, dass andere Begriffe, wie z. B. der der Arbeit, ebenso gut als Grundlage herangezogen werden können, wie der Begriff der Kraft, der in der That aus jenem als Derivirte entspringend gedacht werden kann. Um der Dynamik als Lehre von den Kräften ihre richtige Stellung im Lehrgebäude der theoretischen Mechanik anweisen zu können, muss man mit der Bewegung beginnen. Geschwindigkeiten und Beschleunigungen sind Intensitäten von bestimmter Richtung und Sinn. Soll ein Punkt von der Masse m die Geschwindigkeit v oder die Beschleunigung φ erlangen, so ist der dazu erforderliche Aufwand von Geschwindigkeit mv und der Aufwand von Beschleunigung $m\varphi$. Dieser Aufwand ist die Kraft, welche dem Punkt von der Masse m die Geschwindigkeit v oder Beschleunigung φ erteilt und zwar nach Richtung und Sinn harmonirend mit v und φ. Im ersten Falle heisst die Kraft eine Momentankraft, im zweiten eine beschleunigende Kraft. Von unbekannten Ursachen, welche dies hervorbringen, braucht gar nicht die Rede zu sein. Die Zusammensetzung der Geschwindigkeiten aus Beschleunigungen kann rein geometrisch bewiesen werden, und da die Kräfte proportional diesen Grössen sind, so ergeben sich ähnliche Figuren zwischen den Kräften und befolgt daher vermöge der Eindeutigkeit der Kräfte ihre Zusammensetzung dieselben Normen wie die Zusammensetzung der Geschwindigkeiten und Beschleunigungen. Ein Beweis des Parallelogramms der Kräfte ist überflüssig, sobald die Lehre von den Bewegungszuständen vorausgeht und kann überhaupt nicht anders als auf diesem Wege erbracht werden, weil man von vornherein nichts über Kräfte aussagen kann, sondern nur auf Grund der Geschwindigkeit und Beschleunigung. — Seitdem Möbius und Grassmann die Theorie der Strecken und der Punktgrössen entwickelt haben, hat daher die Theorie der Kräfte ihre wesentlichsten Erweiterungen gewonnen. Im übrigen muss bemerkt werden, dass bei der Bewegung eines Punktes allein durchaus nicht von Masse

geredet zu werden braucht, und wo dies geschieht, ein Missbrauch und ein Ueberfluss stattfindet. Denn aus den Bewegungsgleichungen eines Punktes fällt beiderseits die Masse desselben als Faktor heraus. Ebenso wenig braucht man hiebei von Kräften zu reden, sondern nur von Beschleunigungen. Auch der Parallelismus, welcher zwischen Sätzen über Kräfte und Sätzen über Bewegungen besteht, erklärt sich sehr einfach aus der gemeinschaftlichen Grundlage beider, welche die Streckentheorie ist. Die Unterabteilungen der Dynamik pflegt man mit Hilfe der Beschaffenheit der beweglichen Systeme zu bilden. Ein solches kann unveränderlich sein und die Dynamik ist daher zunächst Dynamik unveränderlicher (starrer) Systeme (Geodynamik). Je nachdem hierbei das System frei ist oder nicht, d. h. je nachdem es an gewisse Bedingungen gebunden ist oder nicht, z. B. dass einzelne Punkte auf krummen Flächen bleiben sollen, ein oder zwei feste Punkte oder eine feste Axenrichtung vorhanden sein sollen, gibt es Unterabteilungen der Dynamik unveränderlicher Systeme. Dabei spielen Kräfte, durch welche man diese Bedingungen ersetzen kann, eine wichtige Rolle als Widerstände, Spannungen etc. Ist das System ein veränderliches, so hat die Veränderlichkeit an sich einen sehr weiten Spielraum. Wenn es aber ein gesetzlich veränderliches ist, so stehen zwei auf einander folgende Lagen des Systems in einer bestimmten geometrischen Verwandtschaft. Bei unveränderlichem System ist diese Verwandtschaft die Kongruenz, bei veränderlichen kann sie die Kollineation sein, z. B. bei elastischen, gewissen flüssigen Systemen etc. Gewöhnlich berücksichtigt man diese Verwandtschaften zu wenig und führt nur Dynamik tropfbar flüssiger und elastisch flüssiger oder luftförmiger Systeme auf (Hydrodynamik und Aërodynamik). — Die Dynamik als Lehre von der Bewegung, insofern sie durch Kräfte hervorgerufen wird, führt heutzutage vorzugsweise nach englischem Vorgange den Namen „Kinetik“ und wird der Kinematik gegenübergestellt als der Lehre von den Bewegungszuständen, dem Geschwindigkeits- und Beschleunigungszustand. Die Kinematik ist das direkte Problem der Mechanik, die Kinetik das umgekehrte.

Litteratur: Schell, Theorie der Bewegung und der Kräfte, Bd. 1, Einleitung. *Schell.*

Dynamische Einwirkung der Verkehrslasten auf Brücken. Die nach statischen Regeln für Ruhelast berechnete Beanspruchung einer Brückenkonstruktion erfährt in Wirklichkeit durch die Bewegung der Verkehrslasten eine mehr oder minder grosse Erhöhung. Diese dynamische Einwirkung wird in erster Linie durch die infolge der Unebenheiten der Bahn bei rollenden Lasten auftretenden Stosswirkungen hervorgerufen; ausserdem hat aber auch die Bewegungsgeschwindigkeit der Lasten an und für sich auf die Beanspruchung der Brückenträger einen Einfluss. Stosswirkungen treten sowohl bei Strassenbrücken, und zwar je nach der Glätte der Fahrbahn in geringerem oder grösserem Masse, als auch bei Eisenbahnbrücken auf; bei letzteren werden sie durch die Schienenstösse oder durch unrund gelaufene Räder hervorgerufen. Eine strenge theoretische Beurteilung dieses Einflusses unterliegt aber bedeutenden Schwierigkeiten, da hierbei die Fortpflanzung der Stosswirkung in der Brückenkonstruktion in Frage kommt und sich schwer angeben lässt, wie weit sich dieser Einfluss erstreckt [5]. Auf Grund allgemeiner Betrachtungen [1]—[4] lässt sich nur behaupten, dass der Einfluss der Stösse auf die Beanspruchung der Brücke um so geringer ausfällt, je grössere Masse die Brücke besitzt, also je schwerer die Fahrbahn und je grösser die Spannweite ist; auch werden die zunächst vom Stosse getroffenen Teile, also die Fahrbahnträger und deren Anschlüsse an die Hauptträger grössere Spannungsvermehrungen erfahren, als die weiter ab gelegenen Teile der Hauptträger, und es wird durch das elastische Verhalten der Fahrbahnkonstruktion die Stosswirkung auf die Hauptträger gemildert werden. Beobachtungen an Brücken und Versuche, um die Stosswirkungen zu messen, wurden insbesondere von Considère [3] und von Deslandres [4] angestellt und zwar von ersterem bei mehreren Brücken der Orleansbahn, von letzterem bei den Strassenbrücken von Pontoise und Beaumont. Es wurden dabei die örtlichen Beanspruchungen, bezw. die Verlängerungen oder Verkürzungen an der Deformation kleiner Bleikörper gemessen, und soll nach Deslandres sich diese

örtliche Einwirkung bis auf das Vierfache der statischen Lastwirkung steigern können. Beobachtungen in dieser Richtung wurden auch von Fränkel mittelst eines die Brückenschwingungen graphisch verzeichnenden Apparates gemacht [8]. Besonders ungünstig können solche Stösse werden, welche in regelmässigen Zeiträumen wiederkehren und stets mit Ausschwingungen eines Stabes oder des Gesamtsystems zusammentreffen; sie werden eine zunehmende Vergrösserung der Schwingungsweiten, sonach auch der Spannungen, bewirken und es ist theoretisch die Möglichkeit denkbar, dass auf diesem Wege unter bestimmten Voraussetzungen jede Brücke zerstört werden kann. Für Eisenbahnbrücken hat man hiernach auch für jede Spannweite eine bestimmte kritische Zugsgeschwindigkeit herausgerechnet [6], [7], bei welcher ein gefährliches Zusammentreffen der Brückenschwingungen mit den durch die Schienenlücken erzeugten Stossimpulsen stattfindet. In Wirklichkeit ist aber dieser Einfluss der wiederholten Stösse im allgemeinen doch weit weniger bedenklich, weil die Lastimpulse nicht in der genügenden Zahl und Stärke und nicht in der Regelmässigkeit auf die Brücke einwirken werden, um durch die Wiederholung eine namhafte Vergrösserung der Schwingungsweiten zu bewirken. — Was nun den bloss von der Bewegungsschnelligkeit der Verkehrslasten abhängenden dynamischen Einfluss anbelangt, so ist derselbe natürlich nur bei Eisenbahnbrücken von einer gewissen Bedeutung, und zwar wird sich dieser Einfluss aus folgenden Einzelwirkungen zusammensetzen [2]: 1. Erhöhung der Beanspruchung durch Schwingungen, die in den einzelnen Teilen der Brückenkonstruktion dadurch entstehen, dass die mit der Verschiebung der Lasten verbundene Formänderung mit einer gewissen Geschwindigkeit vor sich geht. Diese Spannungsvergrösserung in einem der Brückenkonstruktion angehörenden Stabe von der Länge l rechnet sich mit $\varDelta S = c V \sqrt{l} \frac{dS}{dx}$, wenn V die Bewegungsgeschwindigkeit der Lasten (Meter pro Sekunde) und dS die Aenderung der Stabspannung bei einer Verschiebung des Lastenzuges um dx, ferner c eine zwischen 0,004 und 0,007 gelegene Konstante bezeichnet. 2. Infolge der Durchbiegung der Brücke unter einer darüber rollenden Last bewegt sich der Schwerpunkt der letzteren in einer krummen Bahn, was zum Entstehen von vertikal gerichteten Fliehkräften Veranlassung gibt. Die hierdurch bewirkte Spannungsvergrösserung kann für einen einfachen Balkenträger mit im unbelasteten Zustande gerader Bahn gleich $0{,}003 \frac{V^2}{L} \frac{p}{p+g} S_p$ gesetzt werden, wenn L die Stützweite, p die Verkehrslast und g die Eigengewichtslast pro lauf. m ist und S_p die Spannung durch die Verkehrslast im Ruhezustande bezeichnet. 3. Die Gegengewichte an den Trieb- und Kupplungsrädern der Lokomotiven verursachen bei ihrer Umdrehung eine aus der Fliehkraft hervorgehende Vergrösserung der Axdrücke, welche im Mittel bei vieraxigen Güterzugslokomotiven mit Aussencylindern für jede Kupplungsaxe mit etwa 2,1 ton, für die Triebaxe mit 4,2 ton angenommen werden kann.

Alle diese betrachteten dynamischen Einwirkungen haben das Gemeinsame, dass ihre Grösse mit wachsender Spannweite der Brücke abnimmt. Ihre Berücksichtigung bei der Berechnung der Brücken könnte so erfolgen, dass man die Verkehrsbelastung mit einem gewissen Faktor $\mu > 1$ multiplizirt einführt und die Spannungen dann nach statischen Regeln ermittelt. Résal [9] findet auf Grund theoretischer Betrachtungen, dass man setzen könne $\mu = 1 + V \frac{\sqrt{u}}{L}$, wenn u die statische Durchbiegung in der Brückenmitte bezeichnet, welche die ohne Geschwindigkeit zur permanenten Belastung hinzugefügte zufällige Last hervorbringt. Unter Einführung einer Zugsgeschwindigkeit $V = 20$ m transformirt er die obige Formel in $\mu = 1 + \frac{0{,}5}{\sqrt{L}}$ Dieser Faktor μ erscheint aber, wenn auch die Stosswirkungen berücksichtigt werden, viel zu gering, und es ist auch nicht anzunehmen, dass derselbe für sämtliche Teile einer Brückenkonstruktion die gleiche Grösse haben wird. Eingehendere Untersuchungen [2] führen auf einen Wert $\mu = 1{,}14 + \frac{8}{x+10}$ und zwar ist hierin bei Berechnung der Gurtspannungen für x die Spannweite L, bei Berechnung der Gitterstabspannungen für x die Länge der belasteten Strecke und bei Berechnung der Fahrbahnlängs- und Querträger für x die Knotenweite einzusetzen. Ist für einen Konstruktionsteil S_g die Spannung durch die permanente Last, S_p jene durch die ruhend angenommene Verkehrslast und ist s_0 die als zulässig angenommene

Inanspruchnahme bei ruhender Belastung, so folgt, wenn keine Knickbeanspruchung in Frage kommt, die Querschnittsfläche des Stabes aus $F = 1 : s_0 \, (S_g + \mu S_p)$. Für s_0 wird man aber nun eine höhere Ziffer (etwa $s_0 = 1000$ kg für Schweisseisen oder weiches Flusseisen) einsetzen können als nach der älteren Berechnungsweise, bei welcher auf die dynamischen Einwirkungen der Verkehrslasten weiter gar keine Rücksicht genommen wird. Man bezeichnet μ als Stosskoefficient, und es werden dafür ausser den obigen Angaben von einzelnen Konstrukteuren auch noch verschiedene andere, allerdings lediglich auf Schätzung beruhende Annahmen gemacht. So setzen unabhängig von der Spannweite für Eisenbahnbrücken: Gerber und Landsberg $\mu = 1{,}5$, Winkler und Krohn 1,3, Clericetti 2, ferner Engesser für $L > 20$ m $\mu = 1{,}67$ für $L < 20$ m $\mu = 1{,}67 + 0{,}001 \, (20 - L)^2$, Häseler $\mu = 1{,}2 + 1 : n$ (wo n gleich der Anzahl der für die fragliche Beanspruchung auf der Brücke befindlichen Axen) u. s. w.

Die dynamische Einwirkung der Verkehrsbelastung auf Eisenbahnbrücken lässt sich durch geeignete Massnahmen bis zu einem gewissen Grade herabmindern. In dieser Hinsicht ist insbesondere eine gute Erhaltung des Gleises auf der Brücke von Wichtigkeit, sowie die Verwendung von gut erhaltenen Fahrbetriebsmitteln. Auch empfiehlt es sich, der Gleisnivellette eine der Durchbiegung durch die Verkehrslast entsprechende Ueberhöhung zu geben.

Litteratur: [1] Engesser, Zusatzkräfte und Nebenspannungen eiserner Fachwerksbrücken, Berlin 1892, Bd. 3, S. 166. — [2] Melan, Ueber die dynamische Wirkung bewegter Lasten auf Brücken, Zeitschr. d. österr. Ingen.- u. Arch.-Vereins 1893, S. 293. — [3] Considère, Die Anwendung von Eisen und Stahl bei Konstruktionen, übersetzt von Hauff, Wien 1888, S. 180—256. — [4] Deslandres, Note sur les épreuves par charge roulante et l'action des chocs, Annales des ponts et chaussées 1894, Bd. 1, S. 735. — [5] Weyrich, Ueber dynamische Spannungen in Eisenbahnbrücken, Deutsche Bauzeitung 1889, S. 348. — [6] Steiner, Ueber die Metallkonstruktionen der Zukunft, Zeitschr. d. österr. Ingen.- u. Arch.-Vereins 1892, S. 113. — [7] Robinson, Vibration of bridges, transactions of the Am. Society of Civil Eng. 1887, Febr. — [8] Fränkel, Der Horizontal- und Vertikalschwingungszeichner, Civilingenieur, Bd. 40, Heft 3 und 8. — [9] Résal, Effets des charges roulantes sur les ponts métalliques, Annales des ponts et chaussées 1883, Bd. 1, S. 277.

Melan.

Dynamische Geologie, s. Geologie.

Dynamische Höhen nennt man nach Lallemand [1], Arbeitshöhen nach Vogler [2], den Quotienten $\frac{\Delta W}{G}$, aus der Niveaudifferenz ΔW und der normalen Schwere am Meeresspiegel bei 45⁰ geographischer Breite G, welchen Helmert [3] zur bequemen Vergleichung mit den gemessenen Höhenunterschieden empfiehlt (vergl. auch Niveaufläche, Orthometrische Höhe).

Litteratur: [1] Verhandl. der internationalen Erdmessung (8. Konf.) 1887, S. 134. — [2] Vogler, Praktische Geometrie, Braunschweig 1885, S. 11. — [3] Helmert, Astronom. Nachrichten 1873; Ders., Höhere Geodäsie, Leipzig 1884, Bd. 2, S. 504.

Reinhertz.

Dynamische Stabilität, s. Stabilität.

Dynamit, s. Sprengstoffe.

Dynamomaschine. Man versteht unter einer Dynamomaschine (dynamo-elektrische Maschine, elektrischer Generator) eine Vorrichtung zur Umsetzung mechanischer Energie in elektrische, und zwar ist das Prinzip, welches hierbei zur Geltung kommt, das der sogen. Magnetoinduktion, welches 1831 von Faraday entdeckt wurde. Bewegt man nämlich einen geschlossenen elektrischen Leiter, z. B. eine Drahtspirale, in dem Kraftfelde eines Magneten derartig, dass ihre Bahn von möglichst vielen magnetischen Kraftlinien, die von den Polen des Magneten ausgehen, geschnitten wird, wobei die Zahl der durch die Spule gehenden Kraftlinien sich fortwährend ändert, so entsteht in diesem Leiter ein elektrischer Induktionsstrom, dessen Intensität der Aenderung der eingeschlossenen Kraftlinienzahl und der Windungszahl der Spirale proportional ist [5]. Befindet sich in der Spirale ein Kern von weichem Eisen, so wird der Uebergang der Kraftlinien von einem Pol zum andern erleichtert, somit die Stärke des magnetischen Feldes und des erzeugten Induktionsstromes ganz beträchtlich erhöht.

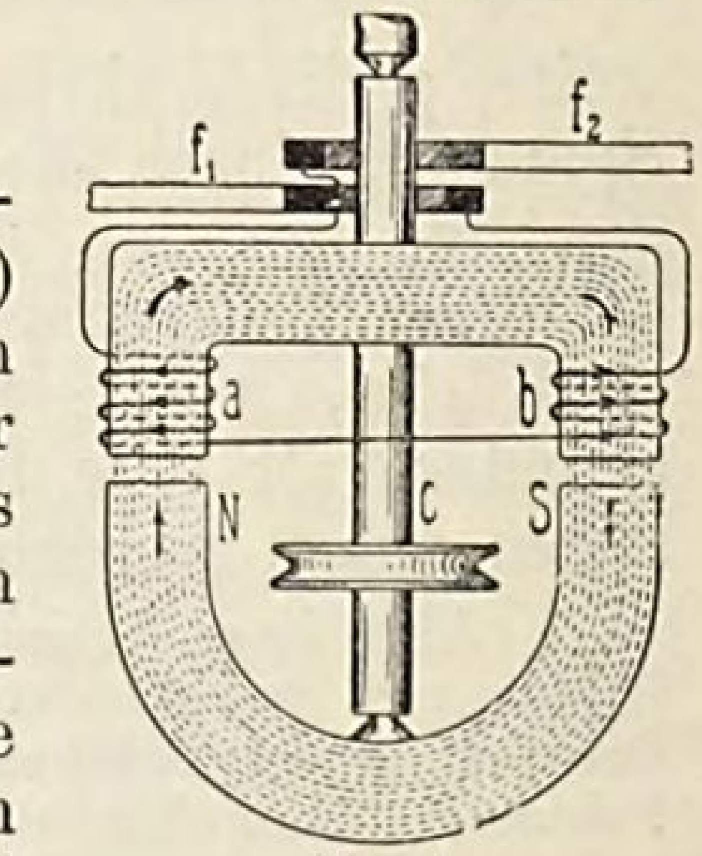


Fig. 1.

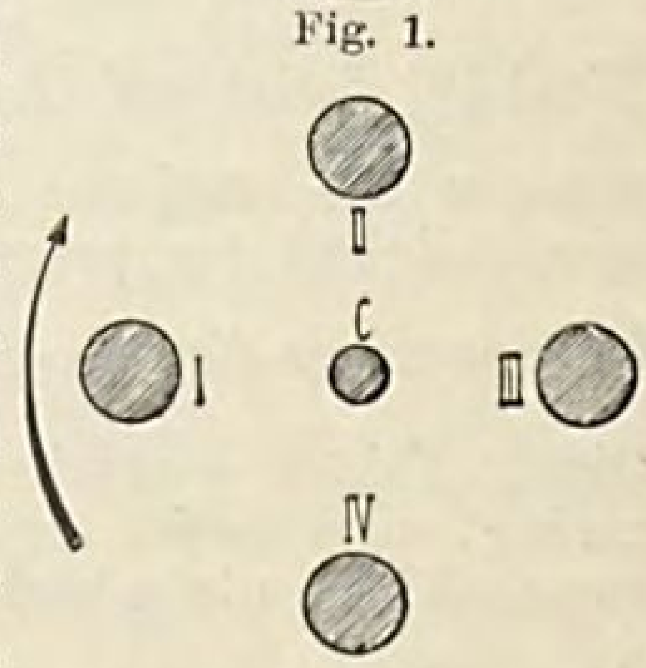


Fig. 2.

In Fig. 1 ist eine solche Anordnung dargestellt. — Ueber den Polen N und S eines Hufeisenmagneten bewegt sich ein Anker aus weichem Schmiedeeisen um die Axe c, dessen Schenkel a und b mit Spiralen aus isolirtem Kupferdraht bewickelt sind. Wir betrachten zunächst nur die Wirkung des Magneten auf die Spirale a. Der Hufeisenmagnet sendet Kraft-

linien aus, welche ihren Lauf durch das weiche Ankereisen nehmen und die Spirale *a* in der Stellung I (Fig. 2) voll durchströmen. Bei einer Drehung des Ankers um 90° gelangt die Spirale in die Lage II und ist hier dem Kraftlinienstrome entrückt, während sie bei weiterer Drehung in das Bereich des Poles *S* gelangt (Lage III), um hier wieder den ganzen Kraftlinienstrom, jedoch jetzt in umgekehrter Richtung zu erhalten. Bei Punkt IV ist sie dann wieder der Wirkung der Kraftlinien entzogen. Auf dem Wege von I bis II ist die Kraftlinienzahl von einem Maximum bis zu Null fortwährend gefallen, auf dem Wege von II bis III von Null bis zu einem Maximum fortwährend gestiegen.

Diese Aenderung in der Zahl der Kraftlinien erzeugt aber in den Windungen der Spirale einen elektrischen Strom, dessen Grösse bei der Drehung fortwährend zu- und abnimmt, je nachdem mehr oder weniger Kraftlinien durch die Spirale geschnitten werden und der nach je einer halben Ankerdrehung seine Richtung wechselt. Die Aenderung der Kraftlinienzahl erfolgt natürlich am schnellsten in den Lagen II und IV, und es ist deshalb an diesen beiden Punkten der Strom am stärksten, während er in den Punkten I und III Null ist. Von I über II bis III fliesst er in der einen Richtung, kehrt dann um und fliesst von III über IV bis I in der entgegengesetzten Richtung. Einen solchen Strom von wechselnder Richtung und Stärke nennt man Wechselstrom (s. auch Wechselstrom). — Die bisher vernachlässigte Spirale *b* wird sich nun genau ebenso verhalten; jedoch hat der in derselben erzeugte Strom immer die entgegengesetzte Richtung des gleichzeitig in der Spirale *a* erzeugten. Bei geeigneter Verbindung der Spiralenenden kann man indessen eine Summirung der beiden Stromwirkungen herbeiführen.

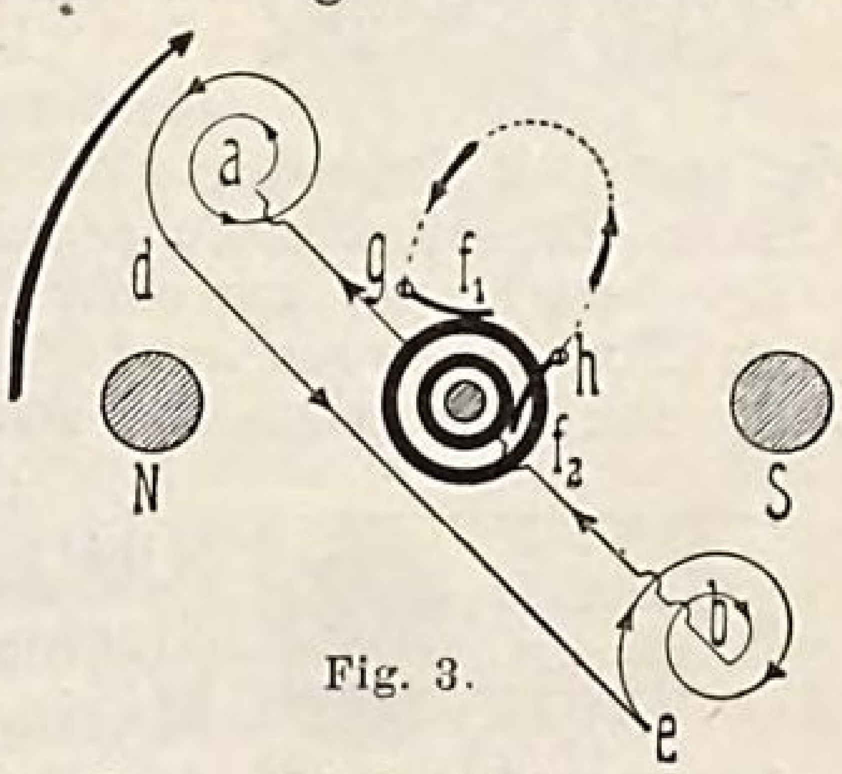


Fig. 3.

Fig. 3 stellt den Grundriss der Fig. 1 dar und zeigt, dass der Anfang der einen Spule *d* mit dem Anfang der andern *e* verbunden ist, während die beiden Enden zu je einem auf der Axe *c* befindlichen und von derselben gut isolirten Schleifring geführt sind. Auf den Schleifringen gleiten zwei Metallfedern f_1 und f_2, und von diesen Federn können nun die in den beiden Spiralen erzeugten Wechselströme abgenommen und in den äusseren Stromkreis *g h* übergeführt und zur Verwendung gebracht werden.

Soll in diesem äusseren Stromkreise nicht beständig wechselnder Strom, sondern solcher von stets gleicher Richtung fliessen, so muss ein Stromwender (Kommutator) angebracht werden, welcher den Strom des äusseren Kreises in dem Augenblick umkehrt, in welchem er in den Spulen *a* und *b* seine Richtung ändert, nämlich dann, wenn die Spulen über die Magnetpole hinweggehen.

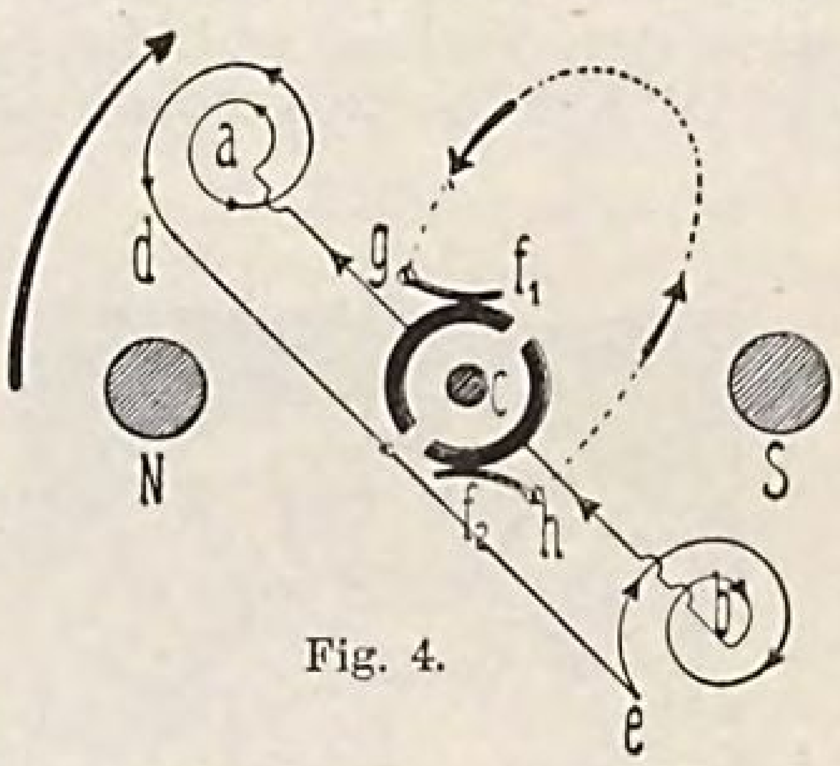


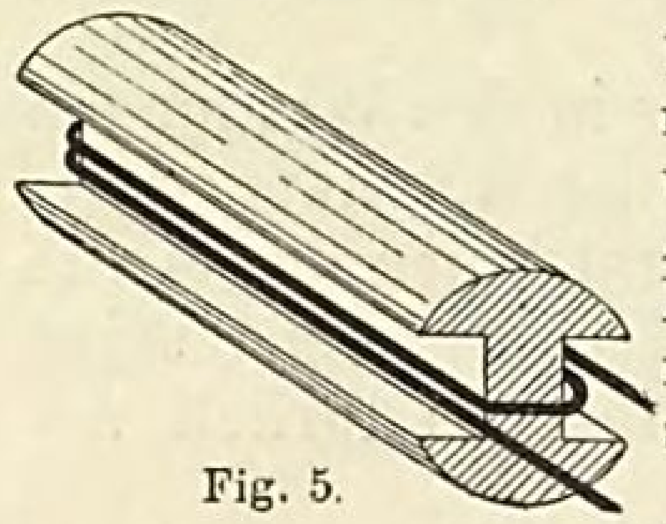
Fig. 4.

Ein solcher Stromwender (Fig. 4) besteht aus zwei von einander isolirten Halbringen, welche an der Drehung der Axe *c* teilnehmen und zu denen die Enden der beiden Drahtspiralen geführt sind. Die Schleiffedern f_1 und f_2 stehen jetzt so, dass sie den Zwischenraum, welcher die beiden Halbringe trennt, dann treffen, wenn der Anker über den Magnetpolen steht. Bei jeder andern Stellung des Ankers berühren sie dagegen je einen Halbring und führen den erzeugten Strom ab.

In dem Moment, in welchem nun der Strom in den Spulen seine Richtung wechselt, berührt auch jeder Halbring eine andere Feder, so dass in den äusseren Stromkreis stets Strom von derselben Richtung gelangt. Einen derartigen gleichgerichteten Wechselstrom nennt man pulsirenden Gleichstrom. Eine solche Maschine, bei der das magnetische Feld durch permanente Stahlmagnete erzeugt wird, bezeichnet man mit dem Namen Magnetelektrische Maschine (s. d. und [3]—[5]). — Es sei hier gleich bemerkt, dass alle nach diesen Prinzipien konstruirten Apparate, sobald sie mit einem Stromwender versehen sind, auch eine Umkehrung zulassen, d. h. schickt man in die Drahtspulen *a* und *b* einen Gleichstrom, so dreht sich der Anker in dem magnetischen Felde und leistet Arbeit. Eine solche Vorrichtung nennt man Elektromotor [3], [5], [9], [10], (s. Kraftübertragung).

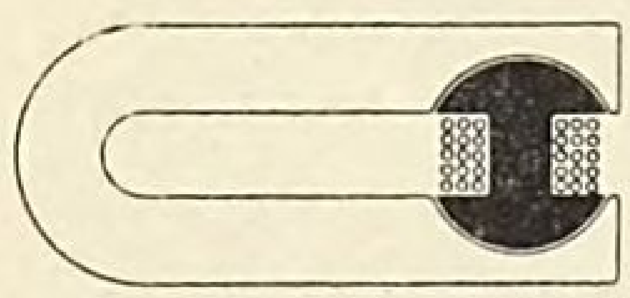
Die bisher erwähnten magnetelektrischen Maschinen gaben natürlich wegen der verhältnismässig geringen Kraft der Stahlmagnete nur kleine Wirkungen. Es lässt sich aber eine Verstärkung der elektromotorischen Kraft der in den Spulen erzeugten Ströme, ausser durch die Erhöhung der Umdrehungsgeschwindig-

keit des Ankers, auch durch Verstärkung der induzirenden Magnete erreichen. Da man die Grösse der Stahlmagnete aus praktischen Gründen über eine gewisse Grenze nicht steigern kann, so vermehrt man die Zahl derselben und natürlich auch entsprechend die Zahl der Induktionsspulen und verwendet statt des bisherigen Handbetriebes Dampfmaschinen zum Drehen des Ankers.


Fig. 5.

Die grösste derartige Maschine, die Alliance-Maschine, von Nollet 1860 erbaut, besass 48 Hufeisenmagnete und 96 Induktionsspulen und machte 400 Touren pro Minute. Sie wurde mit Erfolg zur Erzeugung von elektrischem Licht für Leuchttürme verwendet. Die Art ihres Aufbaues wiederholt sich bei vielen der modernen Wechselstromdynamos. Man unterscheidet nämlich je nach der Stromart, welche die Dynamomaschine liefert, Wechsel- und Drehstrommaschinen (s. Wechselstrommaschinen) und Gleichstrommaschinen.

Im folgenden werden wir nur die letzteren, die Maschinen zur Erzeugung von Gleichstrom (s. d.) näher betrachten. Eine erhebliche Verbesserung derselben erreichte 1856 Werner Siemens durch die Konstruktion des Doppel-*T*-Ankers, der eine bessere Ausnützung der Kraftlinien im magnetischen Felde ermöglichte. Der Anker besteht nur aus einer Spule und zwar aus einem um seine Längsaxe drehbaren Eisenstück (Fig. 5), dessen zwei Nuten, in der angedeuteten Weise fortlaufend, mit Draht umwickelt sind. Die Magnetlamellen stehen senkrecht zur Drehaxe (Fig. 6).


Fig. 6.

Die bisher betrachteten Maschinen liefern pulsirenden Gleichstrom, also nur einzelne, wenn auch gleichgerichtete Stromstösse. Sie wechseln fortwährend von Null bis zu ihrem Maximum und umgekehrt, je nach der jedesmaligen Stellung der Spulen zu den Magnetpolen, und das durch sie erzeugte elektrische Licht zeigt starke Schwankungen. Ein nahezu konstanter Gleichstrom wurde erst durch die Erfindung des Ringankers durch Pacinotti, gleichzeitig aber unabhängig von ihm durch Gramme (1863) und später durch die Erfindung des Trommelankers von v. Hefner-Alteneck (1872) erreicht.

Die Konstruktion des Ringankers beruht auf folgender Erwägung. Dreht sich zwischen zwei Magnetpolen *NS* (Fig. 7) ein Ring aus weichem Schmiedeeisen *a*, auf welchen eine geschlossene Drahtspirale aufgewickelt ist, so nehmen die magnetischen Kraftlinien den angedeuteten Verlauf und die Spirale wird je nach ihrer Stellung von mehr (bei I) oder weniger (bei II) Kraftlinien geschnitten. Dem entsprechend werden in der Spirale wieder Induktionsströme erzeugt, die, wie früher schon bemerkt, bei II und IV ihr Maximum erreichen, während sie

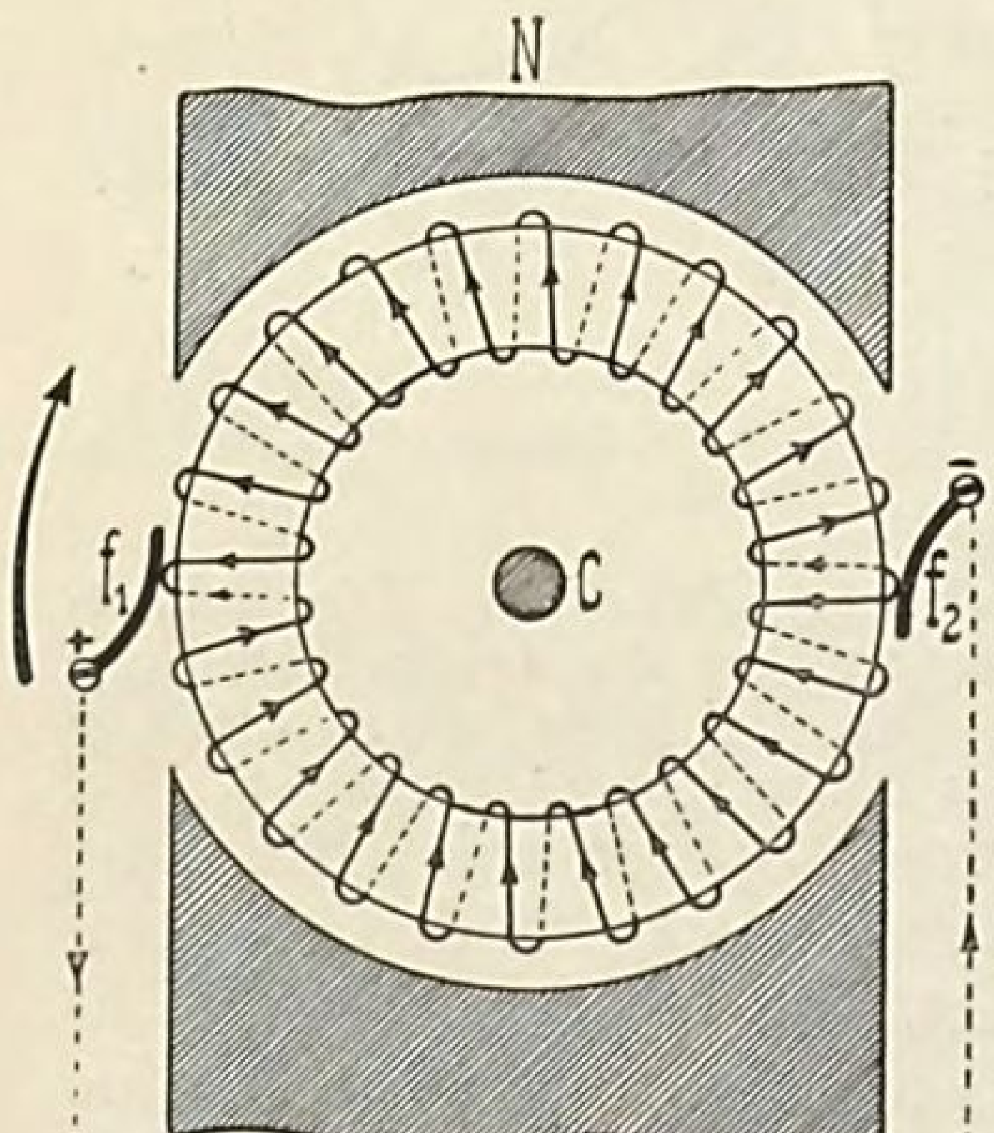


Fig. 8.

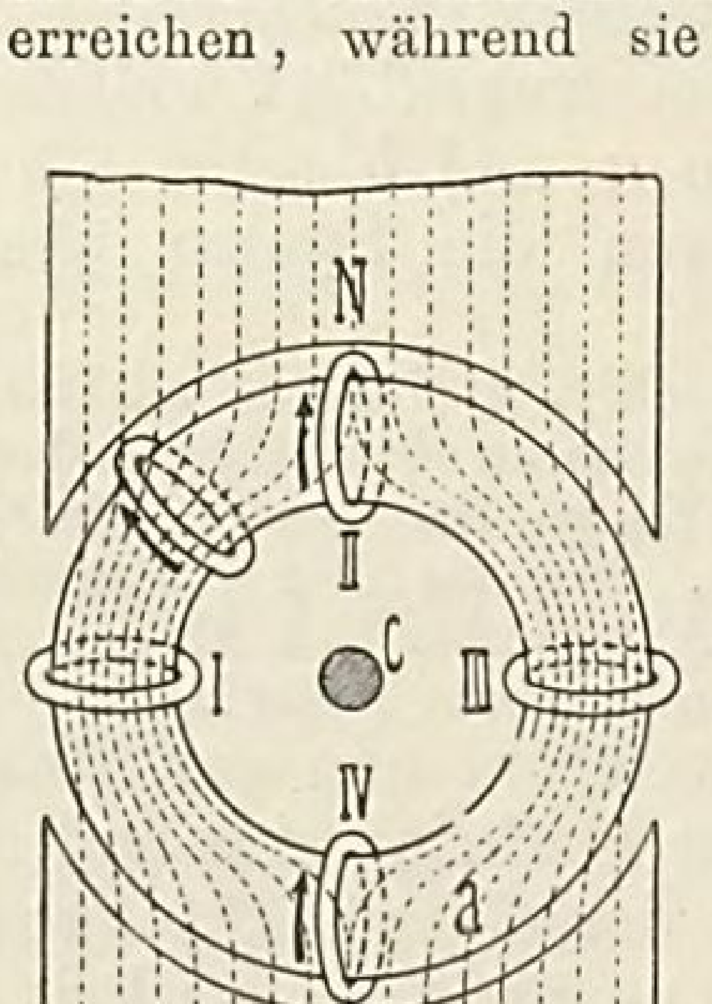


Fig. 7.

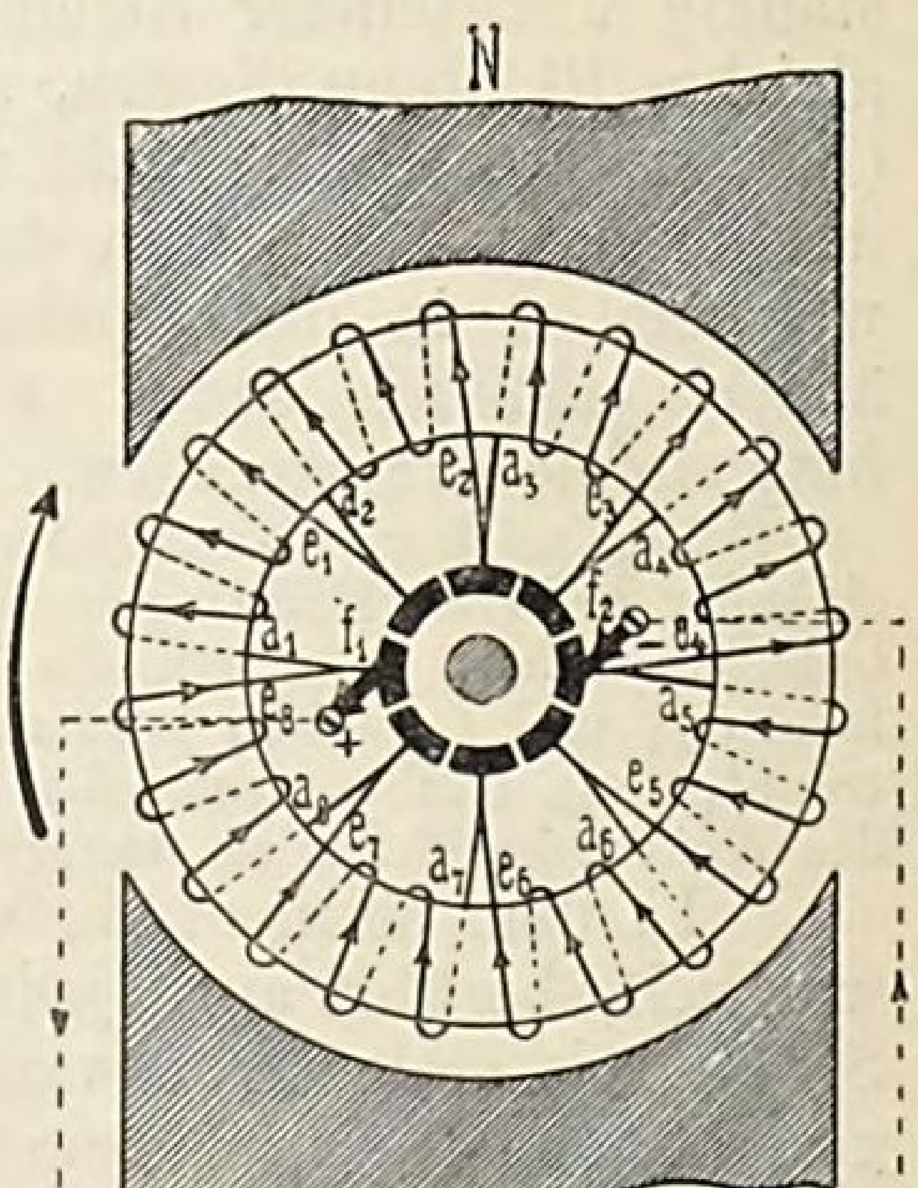


Fig. 9.

bei I und III gleich Null sind, da hier keine Kraftlinienänderung stattfindet. Bewickelt man nun einen Eisenring gleichmässig mit isolirtem Draht, dessen Anfang und Ende man verbindet, so entstehen in dieser fortlaufenden Wickelung bei einer Drehung des Ringes in den einzelnen Windungen elektrische Ströme, deren Richtung durch die Pfeile in Fig. 8 angegeben ist und deren Wirkungen sich in jeder Ringhälfte summiren. Bringt man auf den von der Isolation befreiten Aussenseiten der Drahtwindungen Schleifbürsten f_1 f_2 an und zwar an den beiden Stellen des Ringes, an denen sich die elektromotorische Kraft der oberen Ringhälfte mit der unteren auszugleichen strebt, so kann man hier einen konstant fliessenden Strom abnehmen, der gleich der Summe der Ströme in den beiden Ringhälften ist. Bei der praktischen Ausführung bewickelt man den Ring nicht fortlaufend mit Draht, sondern bringt letzteren in einzelnen Abteilungen (Spulen) auf, deren Anfänge und Enden dann so mit

einander verbunden werden, dass eine fortlaufende Wickelung entsteht (Fig. 9). Z. B. verbindet man das Ende e_1 mit dem Anfang a_2, e_2 mit a_3 u. s. w. Die Verbindungsstellen $e_1 a_2$, $e_2 a_3$ etc. führt man zu je einem Segmente eines auf der Axe des Ringes sitzenden sogen. Kommutators (Kollektors). Derselbe besteht aus einer Zahl von gegen einander isolirten Metallsegmenten, im allgemeinen so viel als Drahtspulen vorhanden sind. Auf dem Umfang dieser Segmente schleifen die Federn $f_1 f_2$, welche auch den Namen Bürsten führen und zur Aufnahme und Fortleitung des Stromes dienen. Der Strom aus beiden Ringhälften vereinigt sich bei $a_1 e_8$ und gelangt durch das Kollektorsegment, auf welchem die linke Bürste anliegt, in den äusseren Stromkreis, tritt durch die rechte Bürste wieder in das mit derselben in Berührung stehende Segment und gelangt von hier in die beiden Ringhälften zurück [5]. Durch diese Anordnung wird die Gleichförmigkeit des Stromes etwas gestört, denn in dem Augenblicke, in welchem die Bürsten auf zwei Kollektorsegmenten aufliegen, werden die mit diesen verbundenen Spulen durch die Bürsten kurz geschlossen, sind also für den äusseren Stromkreis nicht vorhanden. Bei einer geraden Anzahl von Spulen werden hierdurch stets zwei Spulen, nämlich von jeder Bürste eine, kurz-geschlossen, bei einer ungeraden nur eine. Die elektromotorische Kraft des Ringes setzt sich also zusammen in dem einen Augenblick aus der elektromotorischen Kraft der Hälfte aller Spulen, in dem nächsten aus demselben Wert, jedoch vermindert um die kurzgeschlossenen. Die hierdurch entstehenden Stromschwankungen sind natürlich desto grösser, je kleiner die Spulenzahl ist und je mehr Windungen jede Spule besitzt.

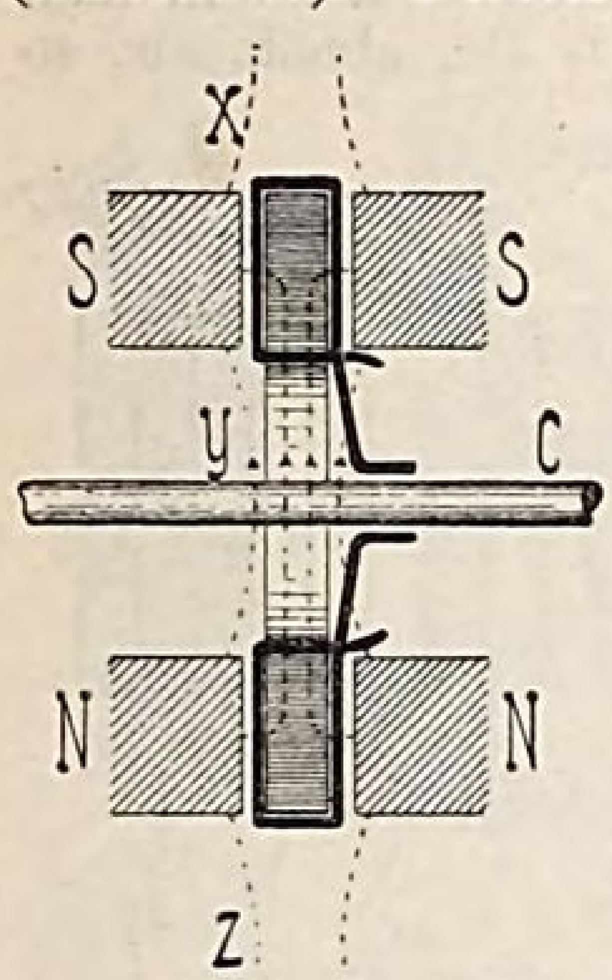


Fig. 11.

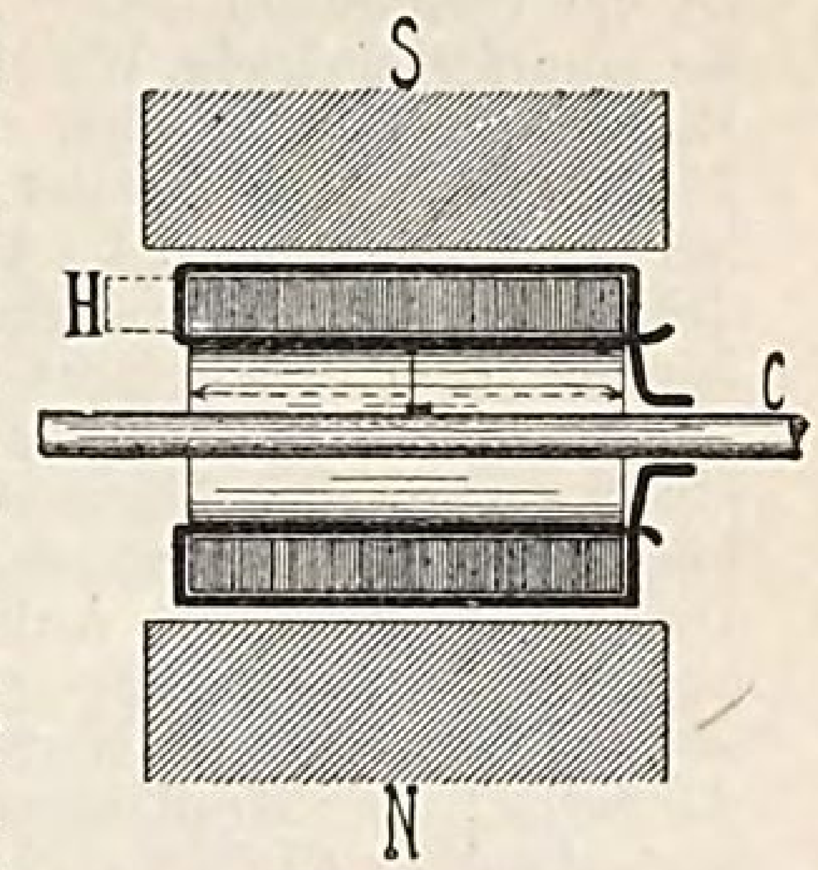


Fig. 10.

In Bezug auf die äussere Form des Gramme'schen Ringes unterscheidet man den Cylinderring und den Flachring [3], [4]. Bei dem ersteren (Fig. 10) ist die Länge L der Drahtspule verhältnismässig gross in Bezug auf die Höhe H derselben und die Magnetpole stehen senkrecht zur Axe c. Die Kraftlinien schneiden nur die äusseren Drähte. Die Seiten- und Innendrähte bleiben unbenützt. Bei dem Flachring (Fig. 11) dagegen ist die Länge der Spule verhältnismässig klein gegenüber der Höhe derselben und die Magnetpole stehen parallel zur Axe c. Es steht immer Nordpol dem Nordpol und Südpol dem Südpol gegenüber, wodurch die Kraftlinien genötigt werden, von den Polen N aus auf beiden Seiten in den Eisenkern einzudringen und sich in den Ringhälften nach dem andern Pole S hin zu verzweigen. Die Drahtwindungen werden daher hierbei auf einer grösseren Länge ausgenützt. Ein Teil der Kraftlinien jedoch, z. *B. X, Y, Z*, trifft die Ankerwindungen nicht und geht für die Wirkung verloren.

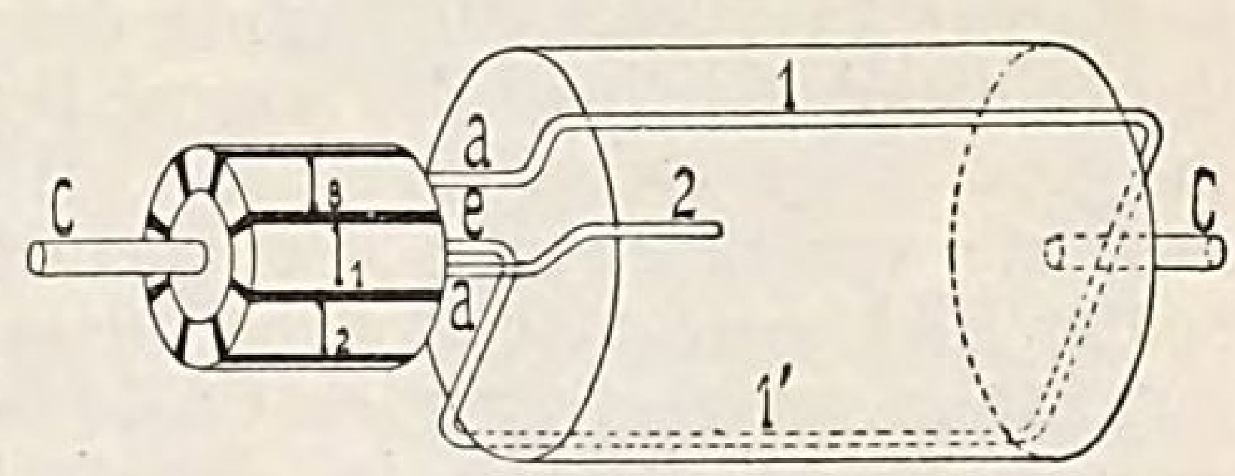


Fig. 12.

Diese Erscheinung, welche man mit dem Namen magnetische Streuung [3], [21] bezeichnet, zeigen mehr oder weniger sämtliche Dynamomaschinen. Da die Streuung eine Vermehrung der Magnetwickelung bedingt, auch eine schädliche Magnetisirung ausserhalb der Maschine befindlicher Körper, z. B. von Taschenuhren, herbeiführt, so sucht man die Magnetgestelle derartig in sich geschlossen zu konstruiren (vergl. Fig. 25), dass möglichst wenig Kraftlinien verloren gehen.

Die Konstruktion des Flachringes ist neuerdings mehr und mehr verlassen worden und man benützt vorwiegend den schon erwähnten Cylinder-Ringanker und den Trommelanker. Letzterer [2] — [5], [9] wurde 1872 von v. Hefner-Alteneck aus dem Siemens'schen Doppel-T-Anker entwickelt, und ist aus dem Bestreben hervorgegangen, die inneren, für die Wirkung nutzlosen Ringwindungen ganz zu entfernen und die Wickelung nur auf die äussere, den Polen zugekehrte Oberfläche zu beschränken. Er besteht aus einem um eine Axe c (Fig. 12) drehbaren eisernen Cylinder, welcher auf seiner ganzen Oberfläche mit Drahtvierecken (z. B. 1 — 1') belegt ist, wobei immer das Ende einer Windung e mit dem Anfang der nächsten a und gleichzeitig mit einer Kollektorlamelle l_1 verbunden ist. Die Fig. 13 zeigt in schematischer Darstellung denselben Trommelanker mit achtteiligem Kollektor und den zugehörigen acht Spulen, welche der Einfachheit halber aus nur einer Windung bestehend gedacht sind. Die mit den Zahlen 1, 1', 2, 2' etc. bezeichneten kleinen Kreise stellen die auf der Oberfläche des eisernen Ankerkernes aufliegenden isolirten Drähte vor, während die schwarzen Verbindungslinien die Verbindung dieser Drähte auf der Kollektorseite, die punktirten dagegen die Verbindung auf der Rückseite

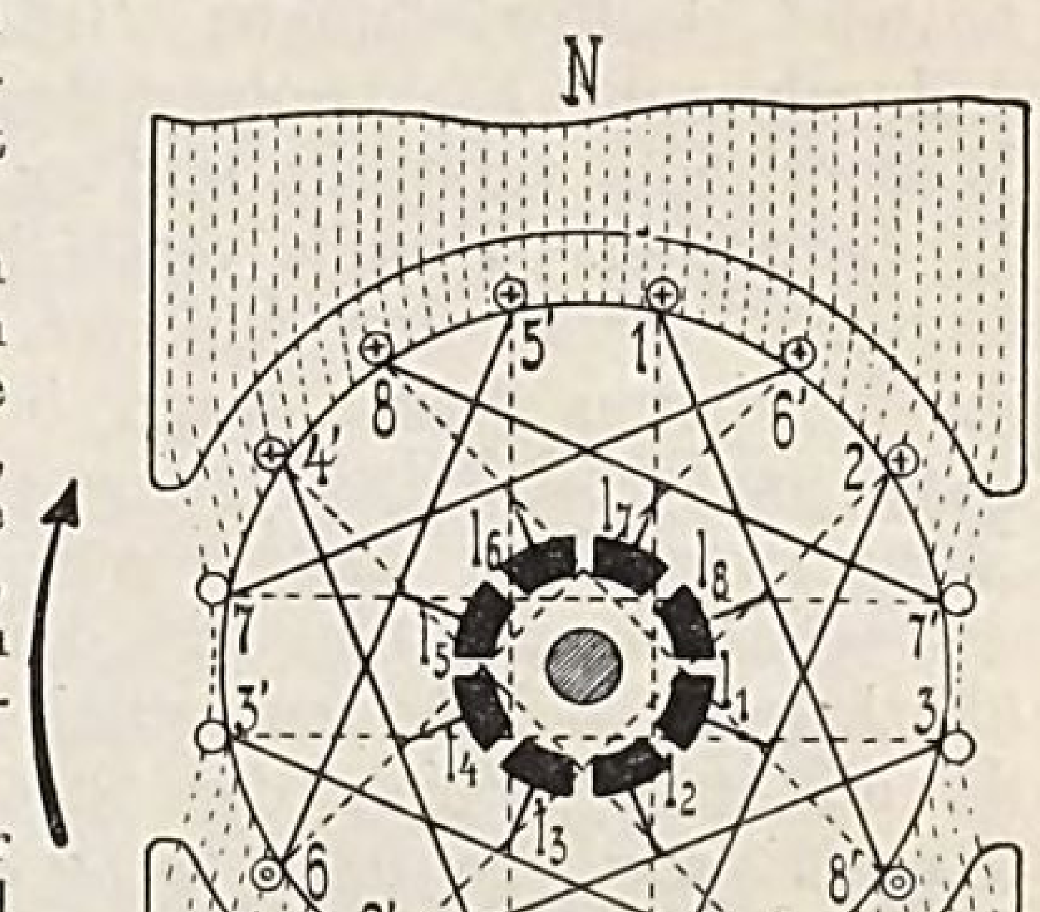


Fig. 13.

angeben. Dreht sich der Anker in dem durch die Pole N und S erzeugten magnetischen Felde, so schneiden die Drähte 1, 1′, 2 etc. die Bahn der Kraftlinien, und es werden wieder Ströme erzeugt, welche nach der Regel von Faraday resp. Flemming [4] in den mit (+) bezeichneten Drähten vom Beschauer fort-, in den mit ⊙ bezeichneten auf denselben zufliessen. Will man daher einen gleichmässig fortlaufenden Strom an den Kollektorlamellen l_1 l_2 etc. abnehmen, so ist die Verbindung dieser Längsdrähte so zu treffen, dass sie eine fortlaufende Wickelung, wie beim Gramme'schen Ringe bilden; d. h. man verbindet an der Ankerrückseite 1 mit 1′, sodann an der Vorderseite 1′ mit 2, sodann hinten 2 mit 2′ u. s. f. Die vorderen acht Verbindungsdrähte, z. B. 1′, 2 werden dann noch nach je einer Kollektorlamelle l_1, l_2 etc. geführt.

Am leichtesten kann man den Stromverlauf an einer graphischen Darstellung der Ankerwickelung verfolgen, welche zuerst von Fritsche angegeben ist [17]. Die Fig. 14 zeigt die Ankerwickelung parallel zur Drehaxe an einer Stelle aufgeschnitten und dann in eine Ebene abgerollt, wobei die schraffirten Flächen die Magnetpole darstellen. Die Kraftlinien sind senkrecht zur Papierebene austretend zu denken und induziren dann in den Leitern Ströme, welche in der Richtung der eingezeichneten Pfeile verlaufen und am Kollektor durch zwei Schleifbürsten f_1 und f_2 abgenommen und der äusseren Leitung zugeführt werden. Jede Spule kann natürlich auch aus mehreren Windungen bestehen, die dann sämtlich der Bahn jeder ersten Spulenwindung folgen. Vergl. auch [7].

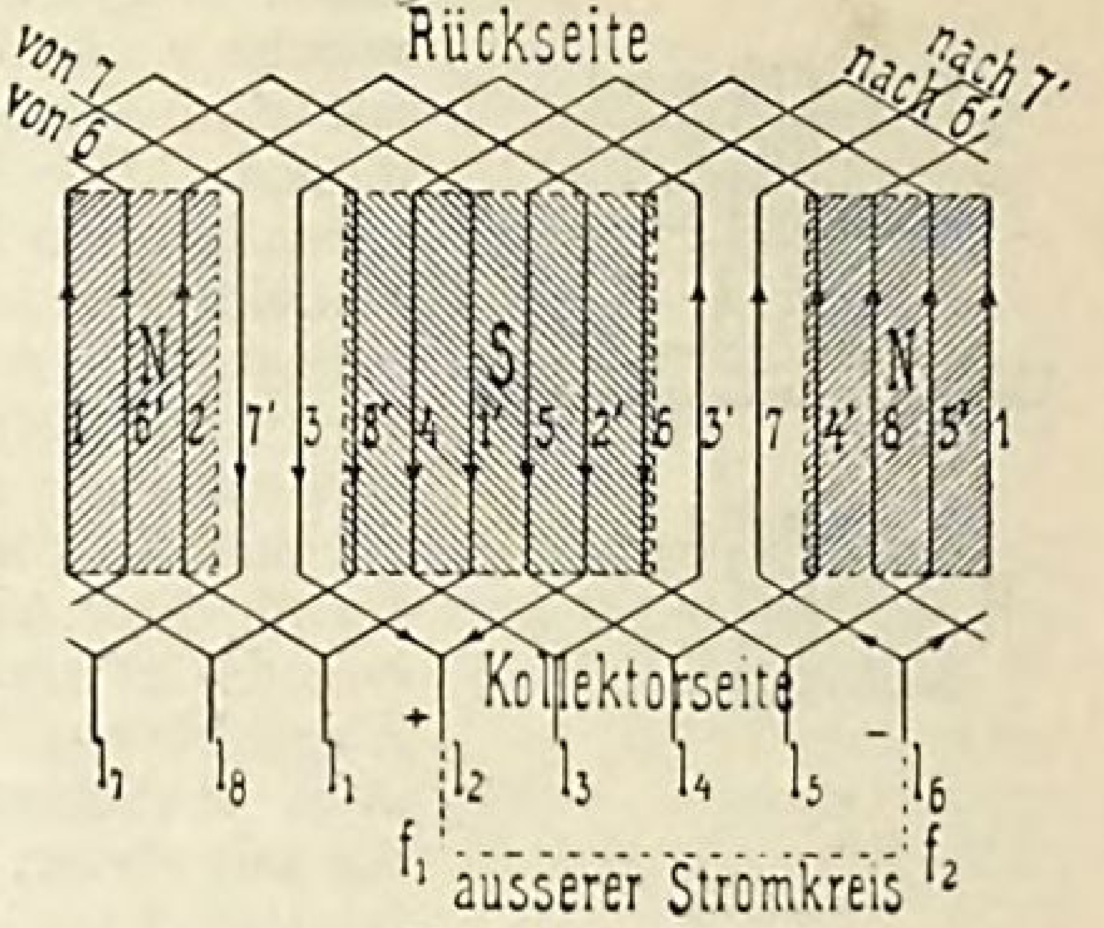


Fig. 14.

Schon vor dieser letzten Verbesserung des Ankers durch v. Hefner-Alteneck und zwar bald nach Einführung des Gramme'schen Ringes hatte Werner Siemens durch die Aufstellung des sogen. Dynamoprinzipes den Bau der Stromerzeuger in ganz neue Bahnen gelenkt. Während bisher lediglich permanente Stahlmagnete zur Erzeugung des magnetischen Feldes benützt worden waren und später Elektromagnete, welche durch eine besondere magnetelektrische Maschine mit Strom versehen wurden (Wilde'sche Maschine [3], [6]), zeigte Siemens 1867, dass man Arbeitskraft in elektrischen Strom ohne Anwendung permanenter Magnete umwandeln könne [12]. Dies sogen. Dynamoprinzip beruht auf folgender Erwägung. Jedes Eisen, welches auf irgend eine Weise einen, wenn auch nur geringen Magnetismus erlangt hat, hält einen Teil desselben dauernd fest (remanenter Magnetismus) und vermag dann in einem schnell bewegten Leiter (Anker) einen schwachen Strom zu induziren. Führt man nun diesen Strom mittelst Drahtwindungen wieder um den Eisenkern herum und macht letzteren dadurch zum Elektromagneten (s. Elektromagnetismus), so wird sein Magnetismus verstärkt und er fähig, in demselben Leiter einen stärkeren Strom zu induziren. Dieser verstärkt wieder den schon vorhandenen Magnetismus, letzterer wieder den Ankerstrom, und diese gegenseitige Einwirkung erreicht ihr Maximum dann, wenn bei dem Eisen des Magnetschenkels ein gewisser Sättigungsgrad [1], [3] eingetreten ist. Bei dem Ansteigen des Stromes in der Magnetwickelung nimmt nämlich der Magnetismus der Schenkel zunächst in demselben Verhältnis wie der Strom zu und zwar etwa bis zur Hälfte der überhaupt möglichen magnetischen Sättigung der betreffenden Eisensorte. Von da ab steigert sich der Strom in den Magnetwindungen schneller als der Magnetismus, so dass trotz des erhöhten Stromverbrauches keine bedeutende Mehrleistung erzielt wird.

Ferner hängt bei jedem Elektromagneten der erregte Magnetismus ausser von der Stromstärke auch noch von der Anzahl der Drahtwindungen ab, welche die Magnetschenkel umgeben. Das Produkt aus dieser Windungszahl und der Stromstärke (in Ampère) nennt man Ampèrewindungszahl und es ist das Ansteigen des Magnetismus bis zur halben Sättigung direkt proportional dieser Zahl. Die Ampèrewindungszahl ni ergibt sich aus der Gleichung $ni = \mathfrak{F} : 0{,}4\,\pi$. Hierin ist n die Anzahl der Drahtwindungen, i die Stromstärke in Ampère, $\mathfrak{F}$ die magnetomotorische Kraft (s. Magnetismus). Vorbedingung für diese Selbsterregung ist, dass die Magnetwickelungen Gleichstrom erhalten, damit die Polarität der Magnete nicht wechselt und es werden nach diesem Prinzip alle modernen Gleichstrom-Dynamomaschinen gebaut, wobei folgende Schaltungsarten, je nach der Art der Verbindung der Magnetwindungen mit dem Anker-

drahte, möglich sind. Die Hauptstrom-, Reihen- oder Serienschaltung, die Nebenschluss- und die Verbund- oder Compoundschaltung.

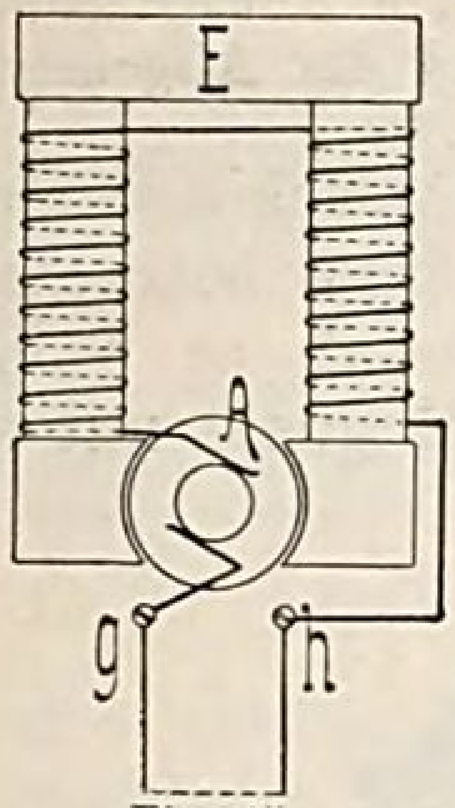


Fig. 15.

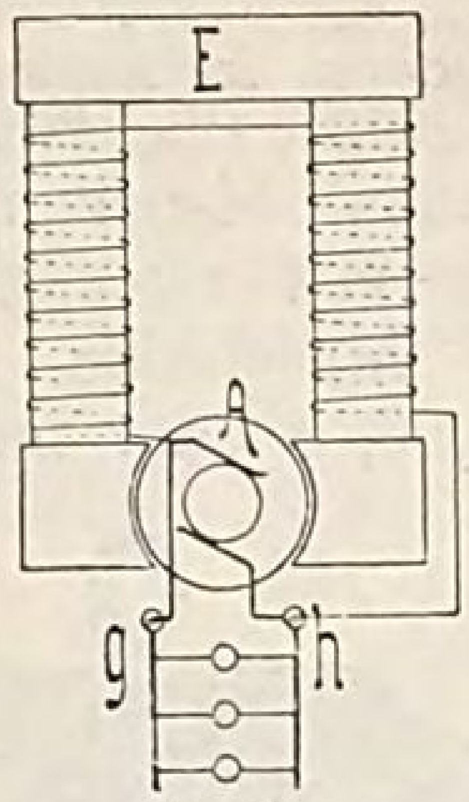


Fig. 16.

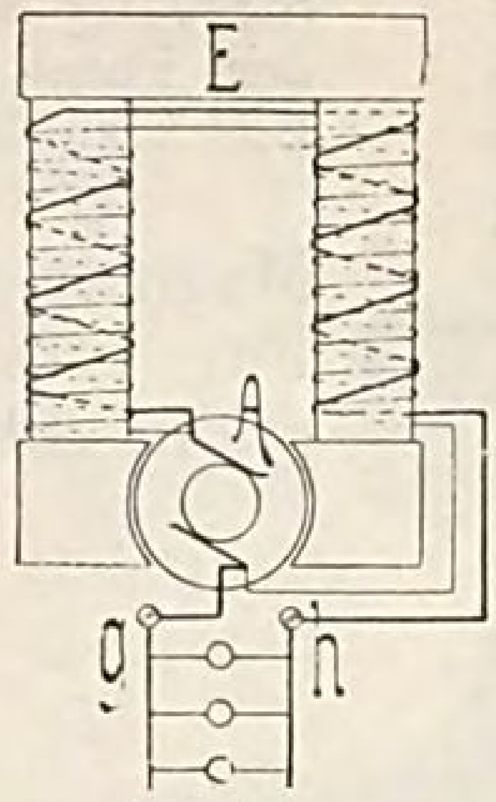
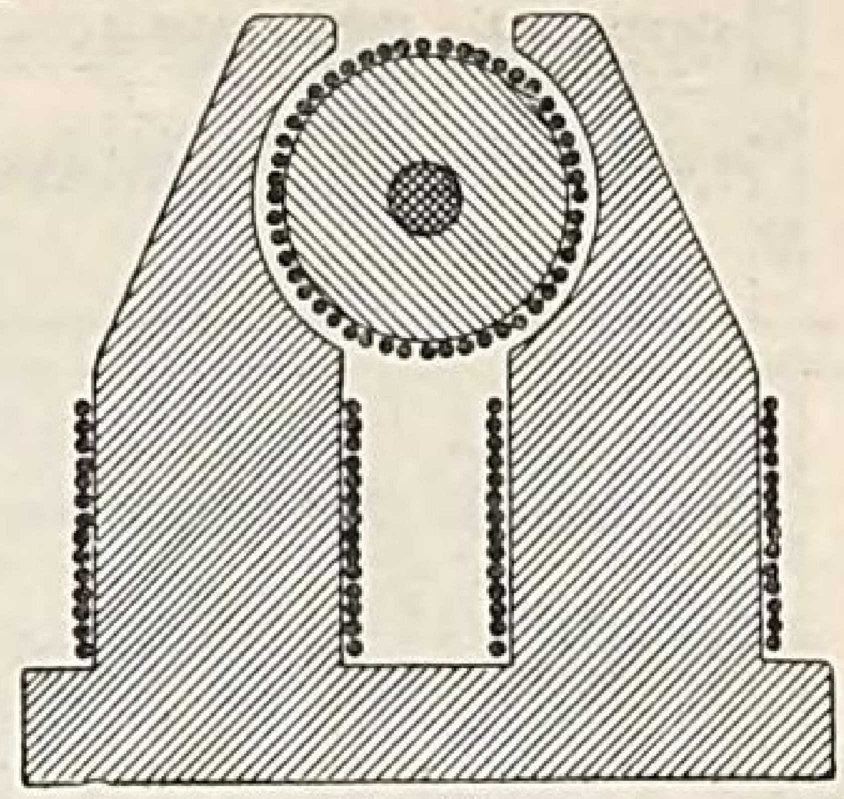


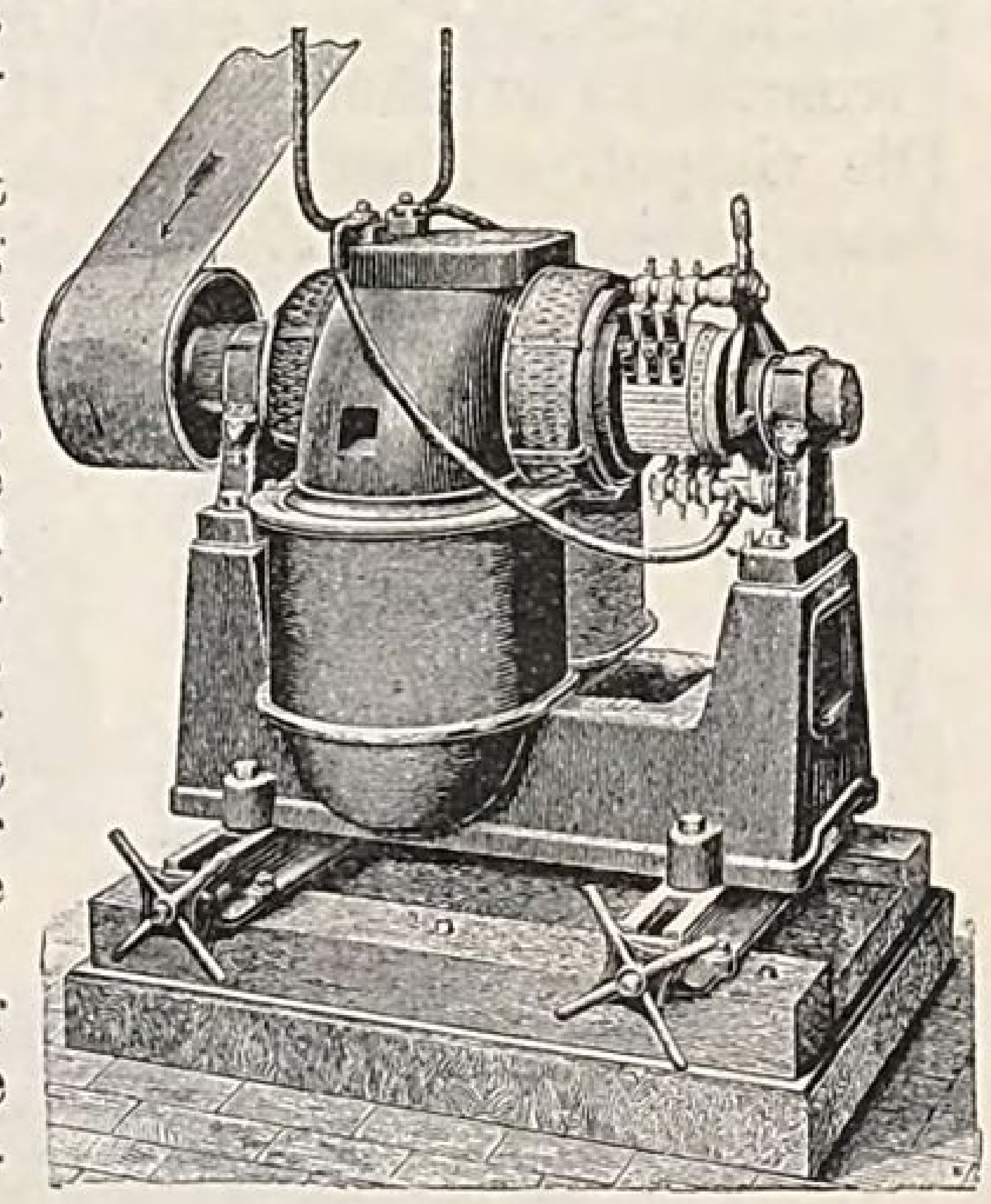
Fig. 17.


Fig. 18.

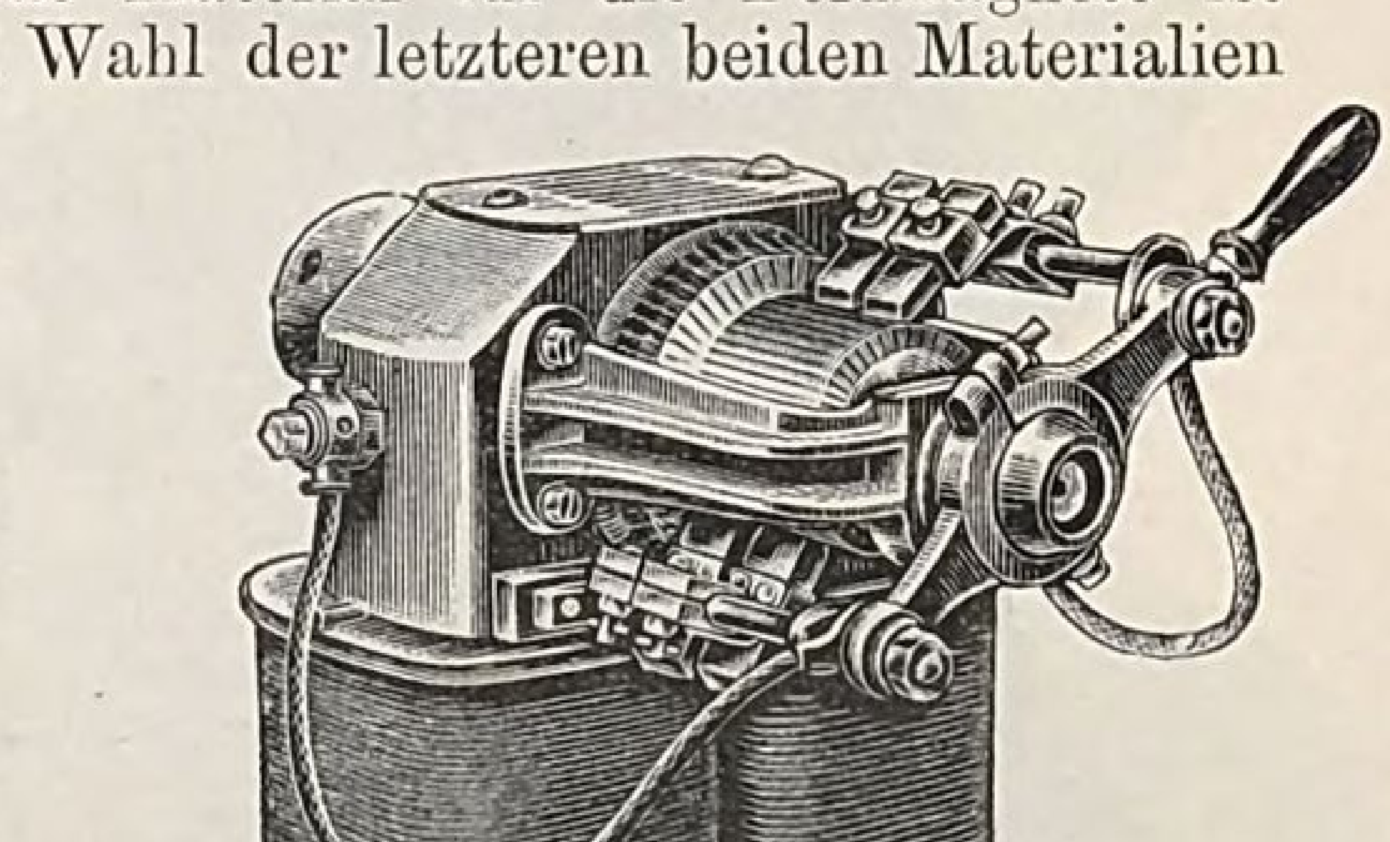
Bei der ersten Verbindungsart, der Hauptstrommaschine (Fig. 15) wird der vom Anker A erzeugte Strom in seiner ganzen Stärke durch die Bewickelung des Elektromagneten E geschickt und gelangt dann erst in den äusseren Stromkreis gh, um dort zur Speisung von Lampen oder zu anderen Zwecken verwendet zu werden. Der Strom durchläuft also hierbei den Anker, die Magnetwickelung und den äusseren Stromkreis nach einander.

Bei der Nebenschlussmaschine (Fig. 16) geht der vom Anker erzeugte Strom direkt in die äussere Leitung und es wird nur an den Enden g und h der Bürsten ein Teilstrom um die Feldmagnete geführt, so dass die Magnetwickelung dem äusseren Stromkreis parallel geschaltet ist.

Bei dem letzten System, der Verbundmaschine (auch Gleichspannungsmaschine genannt, Fig. 17) wird mittelst zweier besonderer Wickelungen sowohl der Hauptstrom als auch der Nebenstrom um die Schenkel geführt. Es sei hier noch bemerkt, dass auch der Name Dynamomaschine von Werner Siemens herrührt. Er wollte damit (dynamis = Kraft) eine Maschine bezeichnen, bei welcher nur durch die zur Drehung der Induktionsrollen erforderliche mechanische Kraft ein Strom erzeugt wird.


Fig. 19.

In Bezug auf den konstruktiven Aufbau der Dynamomaschine [3]—[5] sind folgende Hauptteile zu unterscheiden: die Feldmagnete zur Erzeugung der Kraftlinien; der Anker, in dessen Bewickelung bei seiner Rotation im Kraftlinienstrome ein elektrischer Strom inducirt wird; der Kollektor und die Bürsten zur Abgabe des erzeugten Stromes. Das Material für die Feldmagnete ist Gusseisen, Schmiedeeisen oder Stahl. Bei Wahl der letzteren beiden Materialien erhält man die kleinsten Abmessungen. Die Querschnitte sind so zu wählen, dass der magnetische Widerstand auf dem ganzen Wege des Kraftlinienstromes für gleiche Weglängen gleiche Grösse erhält. Die Polenden müssen den Anker möglichst dicht umfassen (2 — 3 mm Luftzwischenraum) und werden deshalb meistens zu besonderen Polschuhen [21] ausgebildet, welche den Magnetismus gleichmässig über den Anker verteilen. Der Kraftlinienweg soll möglichst kurz sein. Der eiserne Ankerkern erleichtert den Kraftlinienübergang.


Fig. 20.

Die folgenden Figuren zeigen eine Anzahl der gebräuchlichsten Typen für Magnetgestelle und zwar Fig. 18 die Hufeisenform, wie sie bei einzelnen Konstruktionen der Firma Siemens & Halske (Fig. 19), Allgem. Elektr. Gesellschaft (Fig. 20) u. a. üblich ist; Fig. 21 die Form der Flachringmaschine; Fig. 23 die Manchestertype, welche besonders von der Maschinenfabrik Esslingen (Fig. 24), von Oerlikon und der Firma Pöge in Chemnitz gebaut wird; Fig. 25,

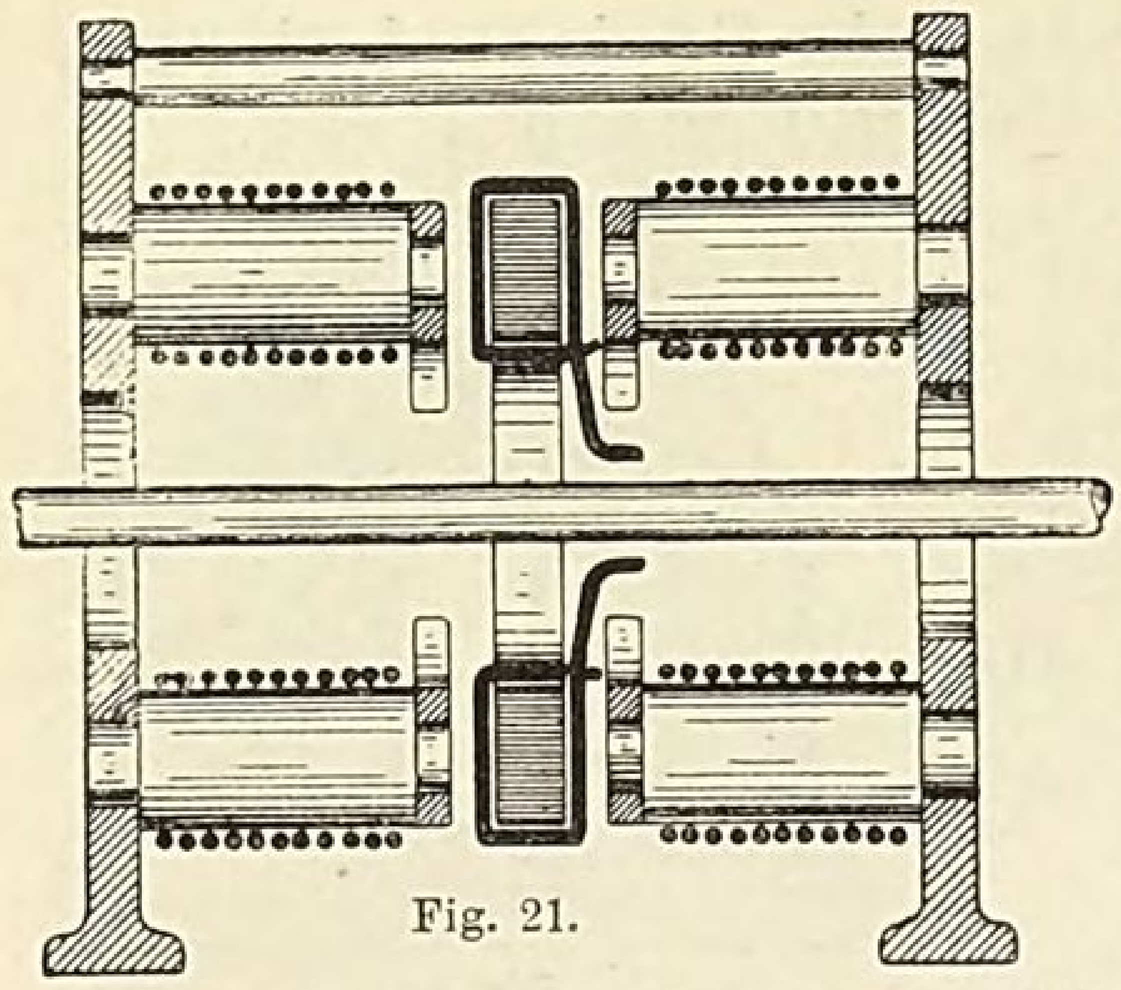


Fig. 21.

die Lahmeyer-Type, welche sich durch den vorzüglich geschlossenen Lauf der Kraftlinien auszeichnet und wenig Streuung besitzt. Sie findet sich in den Konstruktionen der Firma Lahmeyer in Aachen und der Allgemeinen Elektrizitätsgesellschaft (Fig. 26).

Wir haben bisher nur Maschinen- und Magnetgestelle mit zwei Schenkeln betrachtet. Für grössere Maschinen erscheint es jedoch praktischer, 4, 6, 8 oder mehr Magnete mit abwechselnden Polen gleichzeitig auf denselben Anker wirken zu lassen, um die Stärke des magnetischen Feldes und somit die Stromstärke zu erhöhen [8], [21]. Die vierpolige Maschine besitzt dann zwei neutrale Zonen, also vier Schleifbürsten, die sechspolige drei, also sechs Bürsten u. s. w.; durch eine Verbindung (Mordey'sche Schaltung) von je zwei symmetrisch zum magnetischen Felde liegenden Kollektorlamellen, welche gleich grosse Ströme von derselben Richtung abführen, kann man die grosse Bürstenzahl stets auf zwei reduziren, welche dann bei der vierpoligen um 90°, bei der sechspoligen um 60° oder 180° aus einander stehen. Hierbei sind so viel Gruppen der Ankerwickelung (Armatur) neben einander geschaltet (Parallelschaltung), als Pole vorhanden sind [7].

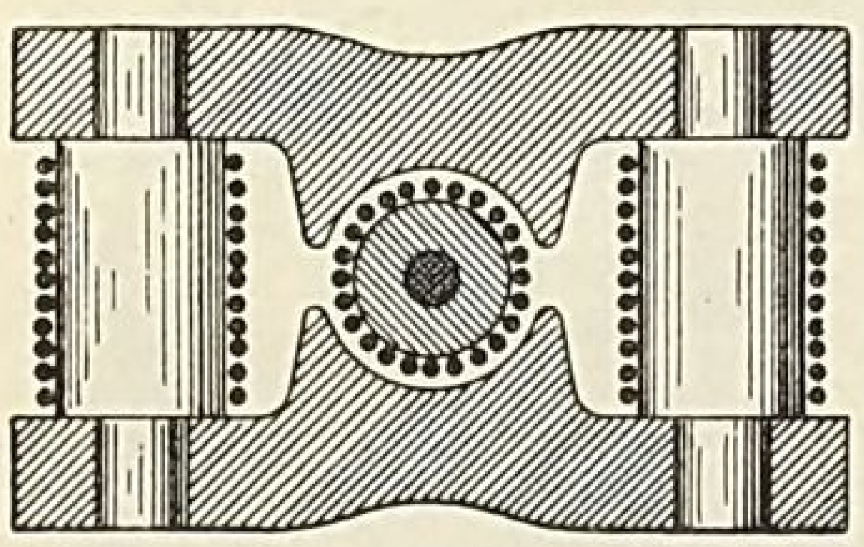


Fig. 23.

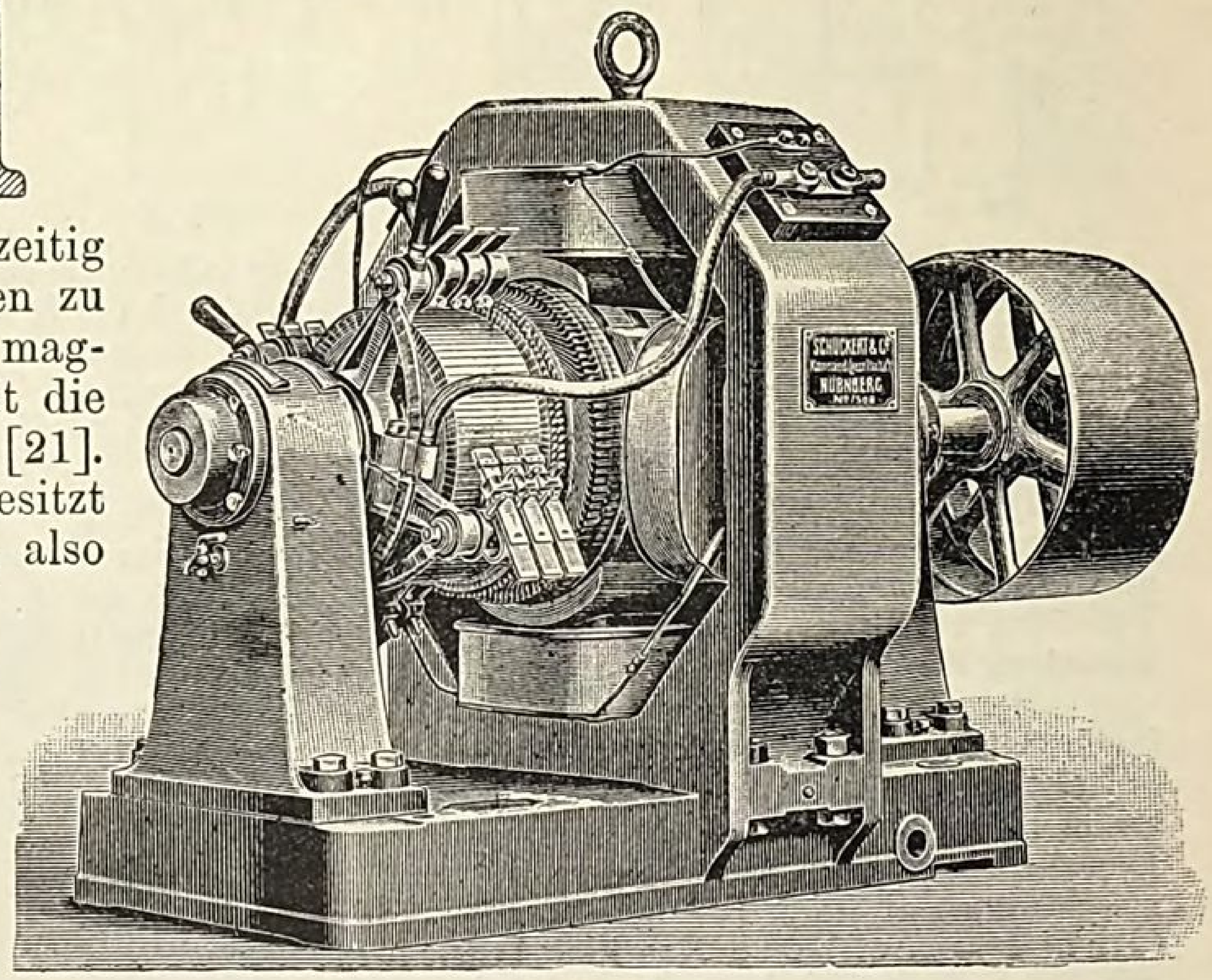


Fig. 22.

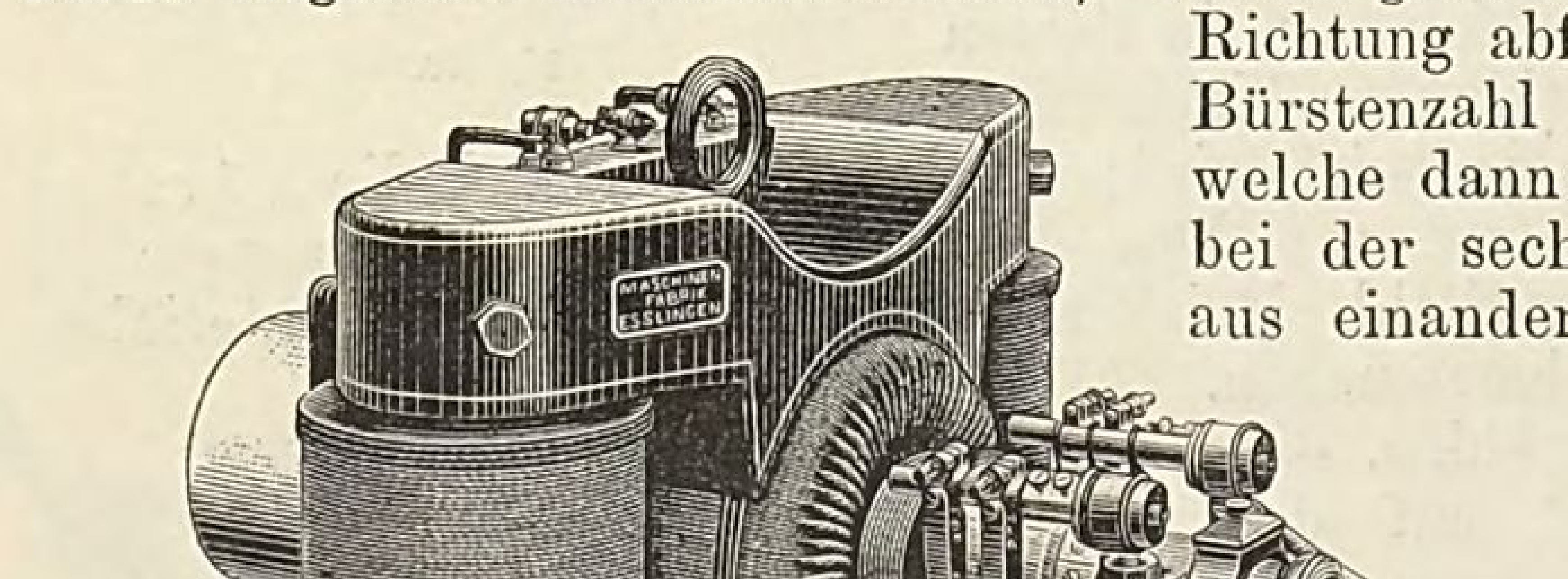


Fig. 24.

Fig. 27 zeigt ein Magnetgestell für die vierpolige Maschine, Fig. 28 für die sechspolige. Die Flachringtype (Fig. 21) führt auch den Namen Seitenpolmaschine, während die übrigen Typen Aussenpolmaschinen sind. Die Figuren 22 und 30 zeigen Ausführungen der vierpoligen Maschine.

Bei grossen Maschinen mit geringer Tourenzahl bringt man besser die Magnete innerhalb des Gramme'schen Ringes an, so dass nur die inneren, gewöhnlich für jede Spule nur aus einem Kupferstabe bestehenden Draht-Windungen zur Geltung kommen. Diese Anordnung bezeichnet man auch mit dem Namen Innenpolmaschine. Die äusseren, blank gehaltenen Windungen benützt man dann gleichzeitig zur Strom-

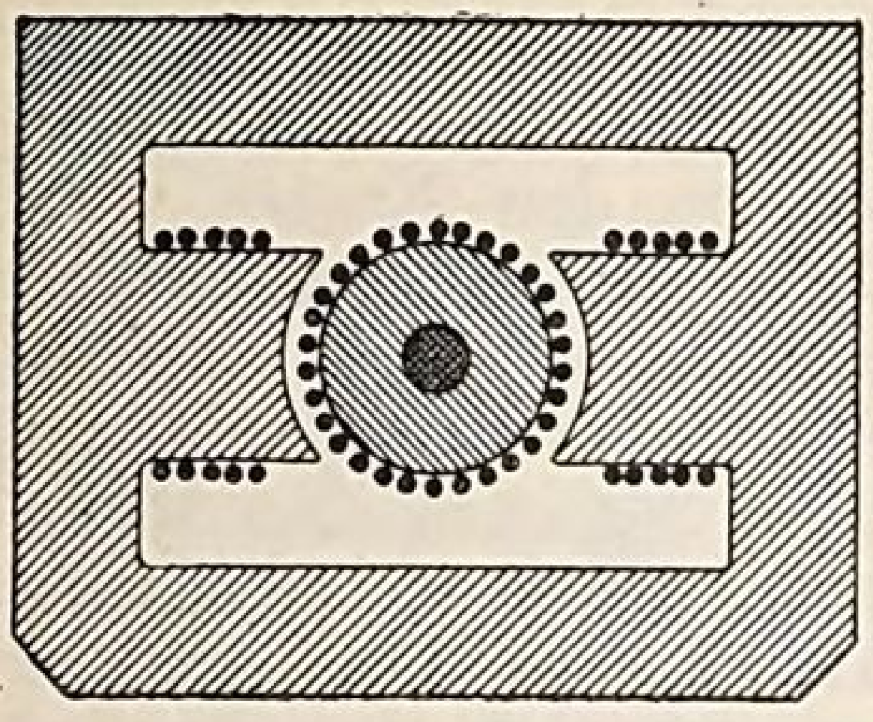


Fig. 25.

abnahme durch die Schleifbürsten, so dass ein besonderer Kollektor entbehrlich wird. Fig. 29 zeigt die Anordnung der Magnetschenkel und des Ankers und Fig. 31 eine praktische Ausführung von Siemens & Halske. Wegen ihrer langsamen Tourenzahl eignen sich diese Maschinen auch gut zur direkten Kupplung [8] mit Dampfmaschinen. Sie führen dann den Namen Dampfdynamo [21]. — Die Firma Siemens & Halske hat solche Stromgeneratoren bis zu 600 Pferdestärken gebaut. Als Antriebsmaschinen werden gewöhnlich Dampfmaschinen benützt und es sind dieselben mit Rücksicht auf den billigen Betrieb, den gleichförmigen Gang und die Betriebssicherheit die geeignetste Betriebskraft. In neuerer Zeit benützt man zur direkten Kupplung auch schnelllaufende Dampfmaschinen, besonders sogen. Dampfturbinen (s. d. und [22]) von sehr hoher Tourenzahl. Ferner sind Wassermotoren, besonders Turbinen mit

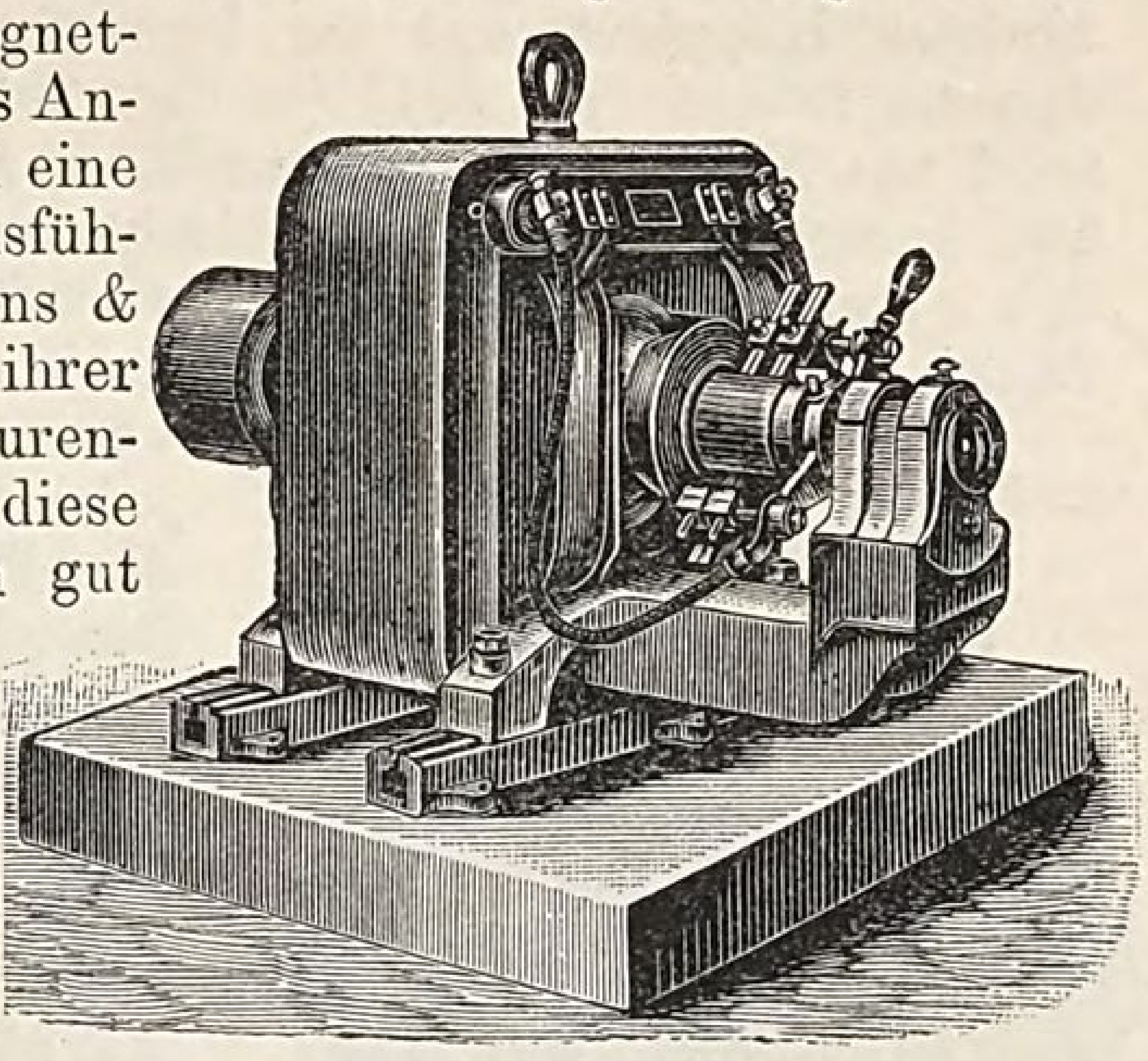


Fig. 26.

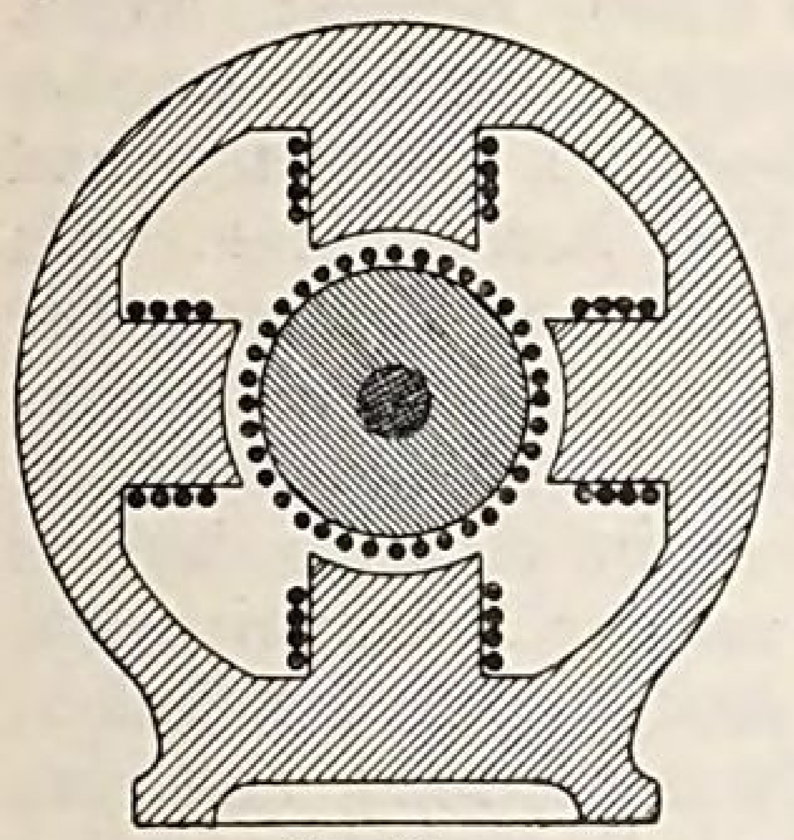


Fig. 27.

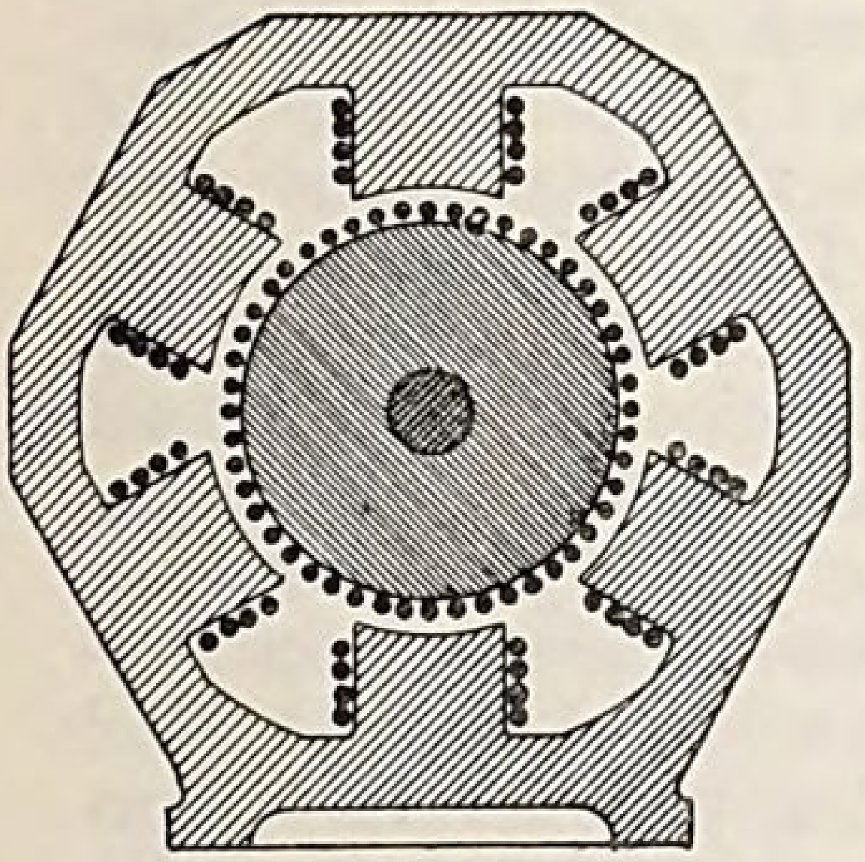


Fig. 28.

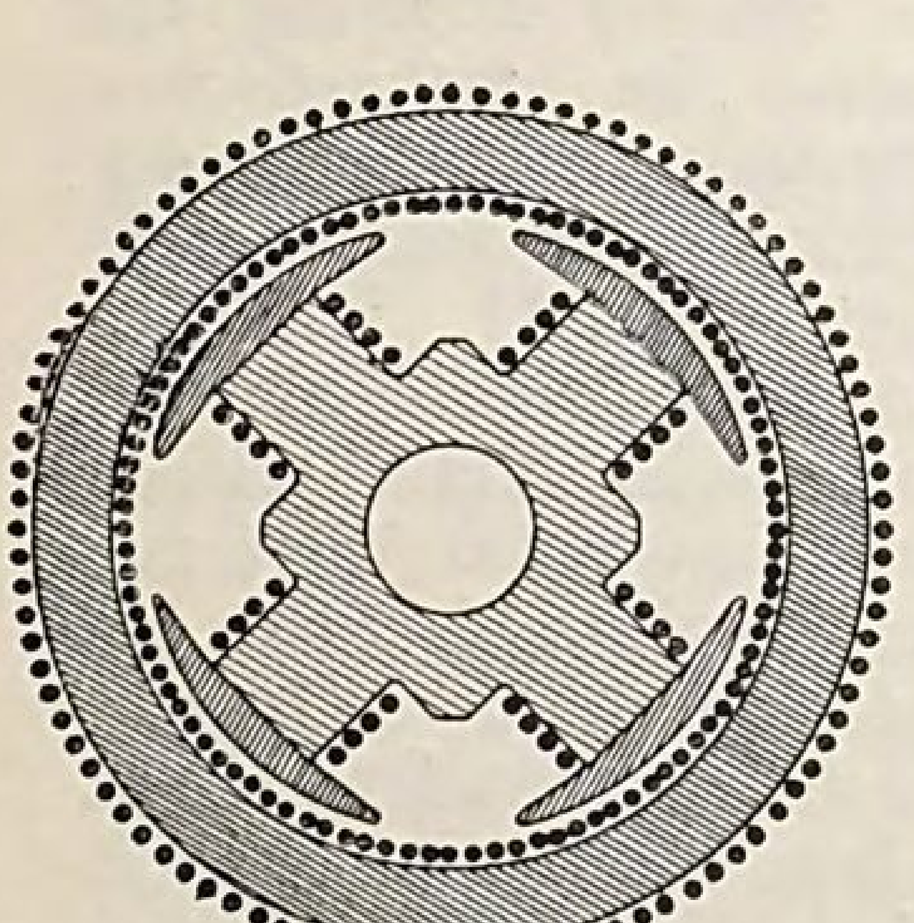


Fig. 29.

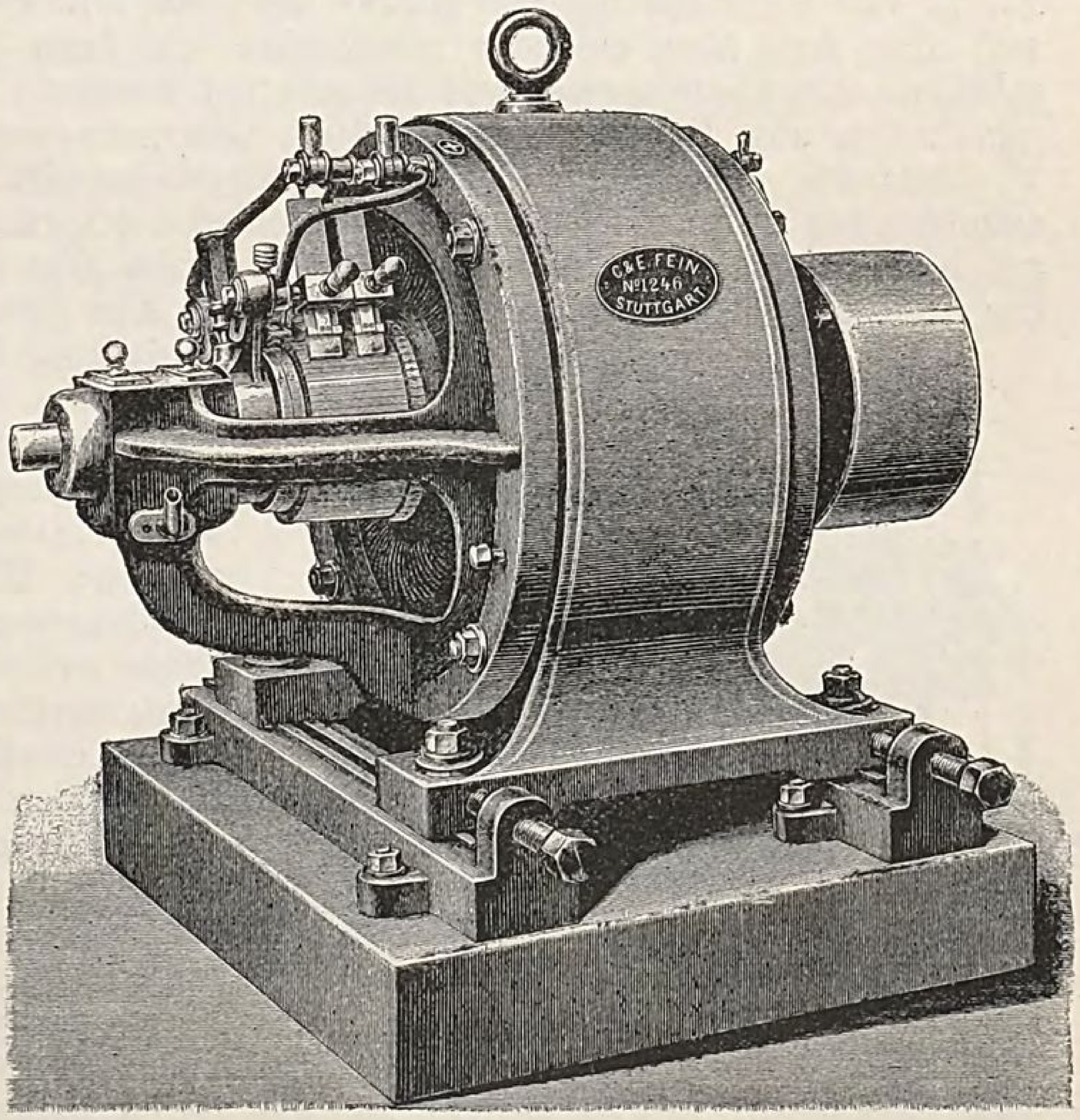


Fig. 30.

hohem Gefälle, also grosser Tourenzahl, zum Betriebe von Dynamomaschinen sehr geeignet. Eine derartige Anordnung wurde von der Firma Lahmeyer für das Elektrizitätswerk in Antwerpen geliefert [23]. Für kleinere Anlagen, besonders zur Erzeugung von elektrischem Licht für Villen, Hotels u. dergl.,

sind auch Gasmotoren sehr beliebt. Um die unbequeme Riemenübertragung zu vermeiden, stellt die Firma Körting-Hannover jetzt auch derartige Motoren in direkter Kupplung mit der Dynamomaschine her, welche den Namen Gasdynamo führen [8], [21] (s. Fig. 32). Die Bewickelung der Magnetschenkel wird aus Kupferdraht hergestellt und zwar wickelt man denselben auf Spulen aus harter Pappe, Messingblech u. dergl. und schiebt die fertige Spule auf den Schenkel auf, oder man wickelt bei komplizirteren Gestellen den Draht direkt auf das Eisen, natürlich unter sorgfältiger Isolirung. (S. Bewickelung von Dynamomaschinen.) — Der Anker jeder Dynamo besteht aus einer Axe, einem auf dieselbe geschobenen Eisenkörper und aus der Bewickelung dieses Eisenkörpers mit isolirtem Draht. Bei dem Aufbau des Ankers ist zu berücksichtigen, dass in dem Eisenkörper desselben durch die Bewegung im magnetischen Felde nach dem Lenz'schen Gesetze sogen. Wirbelströme (Foucoultströme) erzeugt werden [3], [4], welche das Ankereisen erwärmen und einen Effektverlust [20] herbeiführen. Da diese Ströme senkrecht zur Richtung der Kraftlinien verlaufen, so kann man sie ohne Störung der letzteren dadurch vernichten, dass man den Anker in einzelne isolirte Scheiben, parallel zu der Kraftlinienrichtung zerlegt. Man stellt daher die Anker, sowohl Ring- wie Trommelanker, aus ganz weichen Eisenblechscheiben (schwedisches Eisen) von höchstens 0,5 mm Stärke her, die abwechselnd mit Papierscheiben auf einer Axe über einander geschichtet und dann durch aufgekeilte Seitenscheiben zusammengepresst und festgehalten werden. Der Flachringanker wird gewöhnlich aus Bandeisen angefertigt, das man unter Einlaufenlassen eines Papierbandes spiralförmig zu einem Ringe aufrollt. Die auf diese Weise angefertigten eisernen Ankerkerne werden nun mit einer Anzahl Windungen aus gut isolirtem Kupferdraht bewickelt. Der Draht liegt hierbei entweder glatt auf der Ankeroberfläche auf, oder in parallel zur Axe gehenden offenen Nuten oder verdeckten Kanälen [7]. (Genaueres hierüber s. Bewickelung von Dynamomaschinen.) Ueber die Zahl der Ankerspulen und der Kollektorsegmente ist noch folgendes zu bemerken: Die bei der Drehung der Induktionsspulen im magnetischen Felde auftretenden Aenderungen der elektromotorischen Kraft nehmen, wie schon erwähnt (Fig. 9), mit der wachsenden Ankerspulenzahl ab und die elektromotorische Kraft erlangt einen annähernd konstanten Wert nur bei grösserer Spulenzahl. Es betragen beispielsweise diese Stromschwankungen bei Verwendung eines 36-teiligen Kollektors (entsprechend einer Ankerbewickelung mit 36 Spulen) nur noch ca. 0,2 %. Mit Rücksicht auf die sogen. Selbstinduktion in den Ankerwindungen nimmt man die Spulenzahl jedoch meistens noch grösser, um mehr Spulen mit weniger Windungen zu erhalten und dadurch die Selbstinduktion herabzuziehen. Bei Maschinen für hohe Spannungen (500 Volt und darüber) soll die Spannungsdifferenz zwischen zwei benachbarten Kollektorlamellen 20 Volt nicht überschreiten und erhält man durch diese Vorschrift ebenfalls

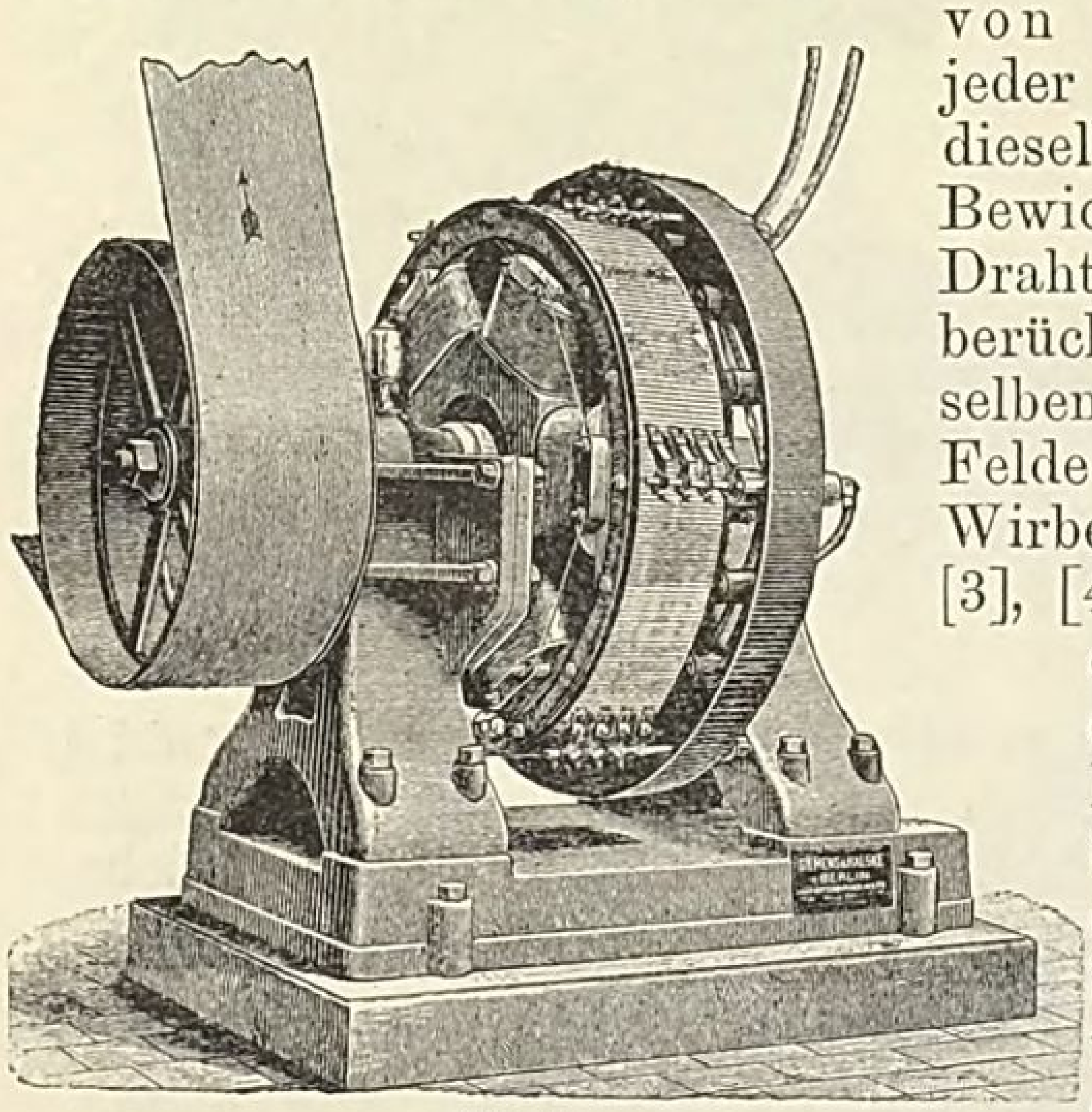


Fig. 31.

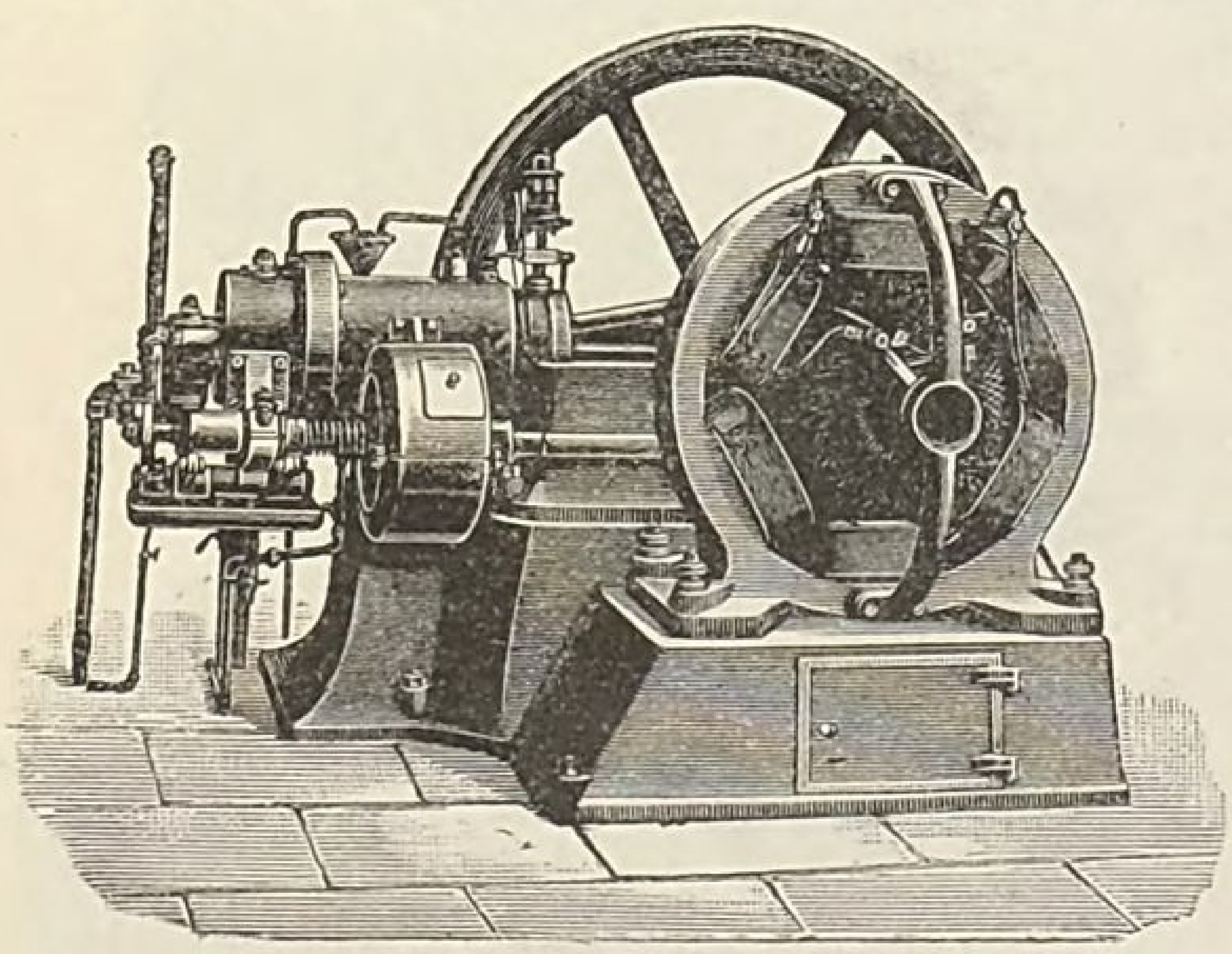


Fig. 32.

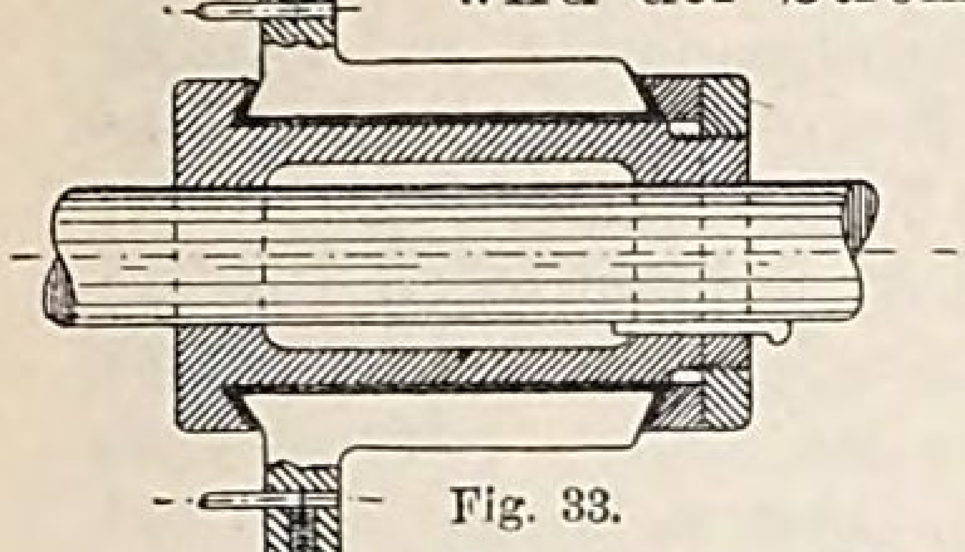


Fig. 33.

eine bestimmte Angabe der Spulenzahl. Von den einzelnen Spulen wird der Strom dem Kollektor (Kommutator, Stromabgeber) zugeführt und durch die Schleifbürsten abgenommen. Der Kollektor besitzt gewöhnlich so viel Segmente (Lamellen) als Spulen vorhanden und es ist dann Ende der einen und Anfang der nächsten Spule immer mit einer Lamelle verlötet oder gut verschraubt. Das Material der Segmente ist Kupfer oder Rotguss. Als Isolator der einzelnen Teile wird Pressspan, Glimmer, Vulkanfiber und dergl. in einer Stärke von ca. 1 mm benützt. Eine gebräuchliche Kollektorkonstruktion zeigt Fig. 33.

Von dem Kollektor wird der Strom durch die sogen. Schleifbürsten abgenommen. Dieselben bestehen aus flachen Stäben aus Drahtgewebe oder aus auf einander gelegten dünnen Messing- oder Kupferblechen [21], [22]. Auch Stäbchen aus Retortenkohle finden besonders bei Elektromotoren Verwendung; doch bieten dieselben dem Strom einen grösseren Uebergangswiderstand. Die Bürste muss leicht federnd am Kollektorumfange aufliegen und leicht abzuheben sein. Zu diesem Zwecke befindet sie sich in einem sogen. Bürstenhalter, welcher am Gestell der Dynamo drehbar befestigt ist (Fig. 34). Die Berührungsfläche zwischen Kollektor und Bürste soll so gross sein, dass höchstens 0,5 Ampère auf den qmm kommen. Es wurde früher schon erwähnt, dass die Bürsten zu beiden Seiten des Kollektors in einer Linie, die senkrecht zu den Kraftlinien gerichtet war, in der sogen. Interferenzzone aufliegen müssen. Nun wird aber der Anker vermöge seines Eisenkernes durch den Ankerstrom selbst zu einem Magneten gemacht, dessen Pole rechtwinkelig zu den Magnetpolen stehen. Dieses magnetische Feld des Ankers wird daher eine Rückwirkung [3], [5], [9], [20]—[22], [24] auf dasjenige der Schenkelmagnete in der Weise ausüben, dass sich aus beiden ein resultirender Magnetismus bildet und die Kraftlinien in der Drehrichtung des Ankers verschleppt erscheinen (Fig. 35). Diese Verzerrung bewirkt, dass das Maximum der Kraftlinien nicht mehr, wie früher, in der Horizontalebene I III (Fig. 7) durch die Windungen geht, sondern in einer gegen die frühere um einen kleinen Winkel geneigten. Dieser Winkel, um welchen die Bürsten verstellt werden müssen (Bürstenverschiebungswinkel) beträgt bei neueren Maschinen nur bis zu 10° und schwankt ausserdem je nach der grösseren oder geringeren Belastung der Maschine um einen kleinen Betrag.

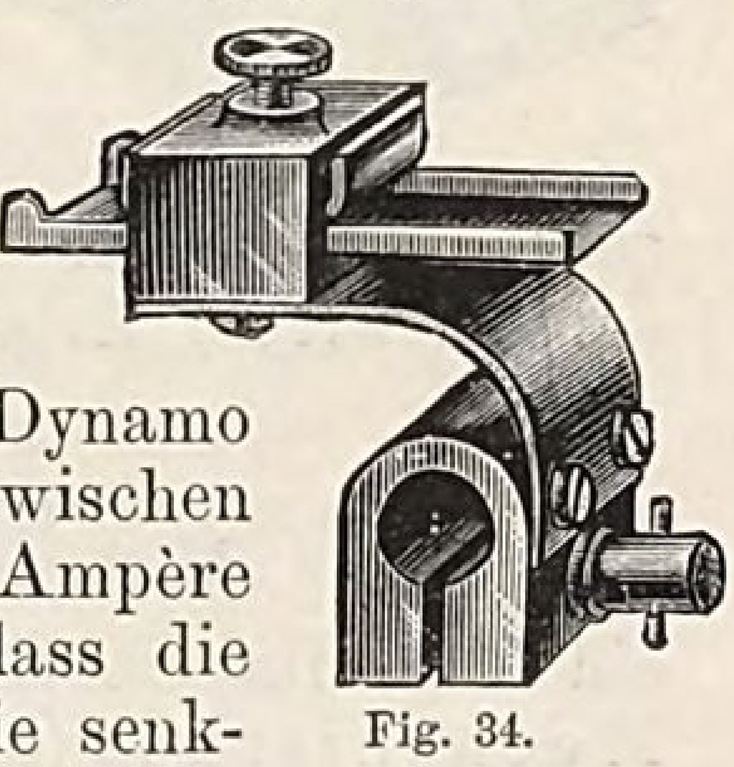


Fig. 34.

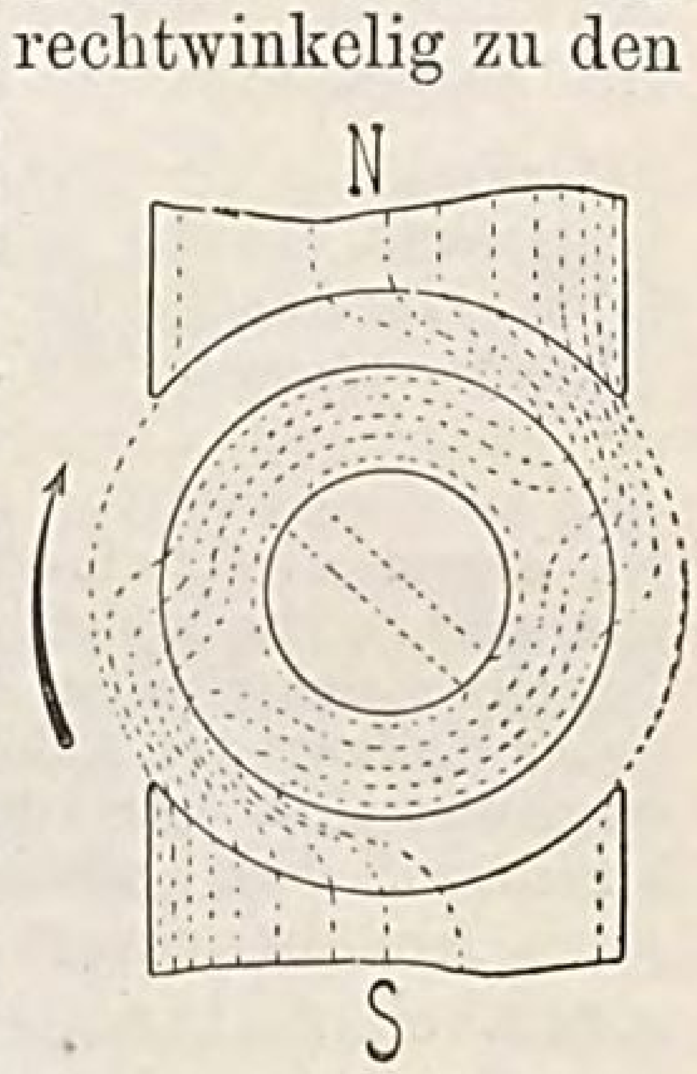


Fig. 35.

Die Welle, auf welcher Anker, Kollektor und die Antriebsriemenscheibe sitzen, muss gegen die vielfachen Beanspruchungen gut gesichert sein. Man fertigt sie deshalb aus bestem Stahl und bestimmt die Stärke in mm nach der Formel

$$d = 150 \text{--} 220 \sqrt[3]{\frac{N}{n}} \text{ oder}$$
$$= 150 - 25 \sqrt[3]{\frac{EJ}{n}},$$

worin d den Wellendurchmesser, N die Anzahl der Pferdestärken, n die Tourenzahl per Minute, JE die Leistung der Maschine in Watt bedeutet. Die Lagerung der Welle muss ebenfalls mit grösster Sorgfalt geschehen. Die Länge der Lagerschale wird gleich 3—4 Wellendurchmesser angenommen. Als Schmiervorrichtung dient die Ringschmierung. Fig. 36 zeigt ein derartiges übliches Lager in Querschnitt, Längsschnitt und Ansicht, Fig. 37 eine ähnliche Konstruktion für drei Schmierringe.

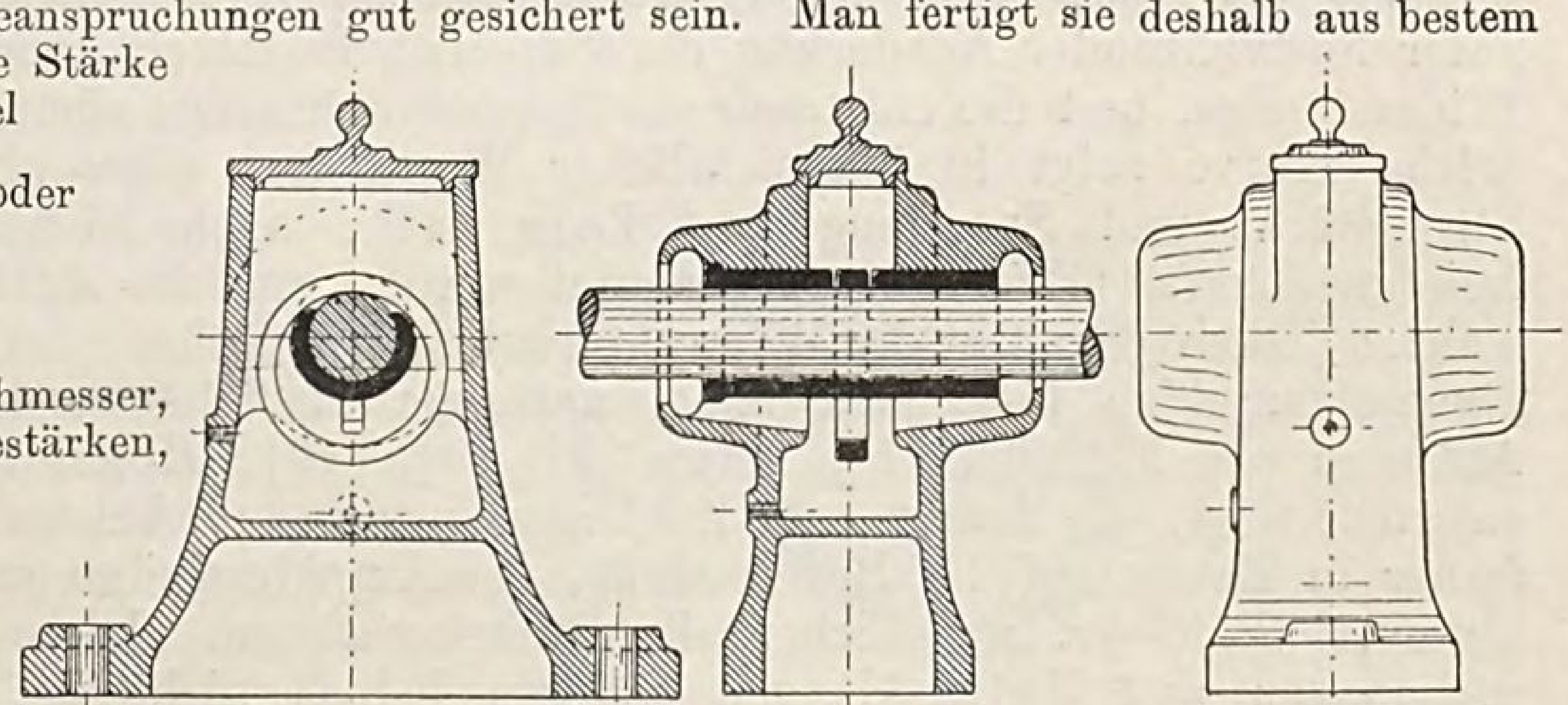


Fig. 36.

Jede Dynamomaschine ist in Bezug auf ihre Wirkung bestimmt durch die drei Grössen Stromstärke (in Ampère), Klemmen-Spannung (in Volt) und Tourenzahl. Das Produkt aus Klemmen-Spannung und Stromstärke nennt man elektrischen Nutzeffekt und gibt denselben in Watts an (1 Watt = 1 Volt · 1 Amp.); 736 Watt (Volt-Ampère) entsprechen einer mechanischen Pferdestärke (75 mkg). Das heisst durch Aufwendung einer Pferdestärke (Gasmotor, Dampfmaschinen oder dergl.) kann man theoretisch 736 Watt, also z. B. 65 Volt und 11,3 Amp. oder 110 Volt und 6,6 Amp. in einer Dynamomaschine erzeugen. Da aber durch die mechanische Reibung in den Lagern, an den Bürsten, in der Luft etc., ferner durch die Erwärmung der Anker und Magnetdrähte beim Durchfliessen des Stromes, sodann durch die Hysteresis (magnetische Reibung) bei der fortwährenden Ummagnetisirung des Ankereisens und durch die Wirbelströme [2], [3], [5], [6], [20] Kraftverluste eintreten, so gehen je nach der guten Ausführung und der Grösse der Maschine 10—25 % der geleisteten Arbeit verloren. Man erhält daher in dem Quotienten

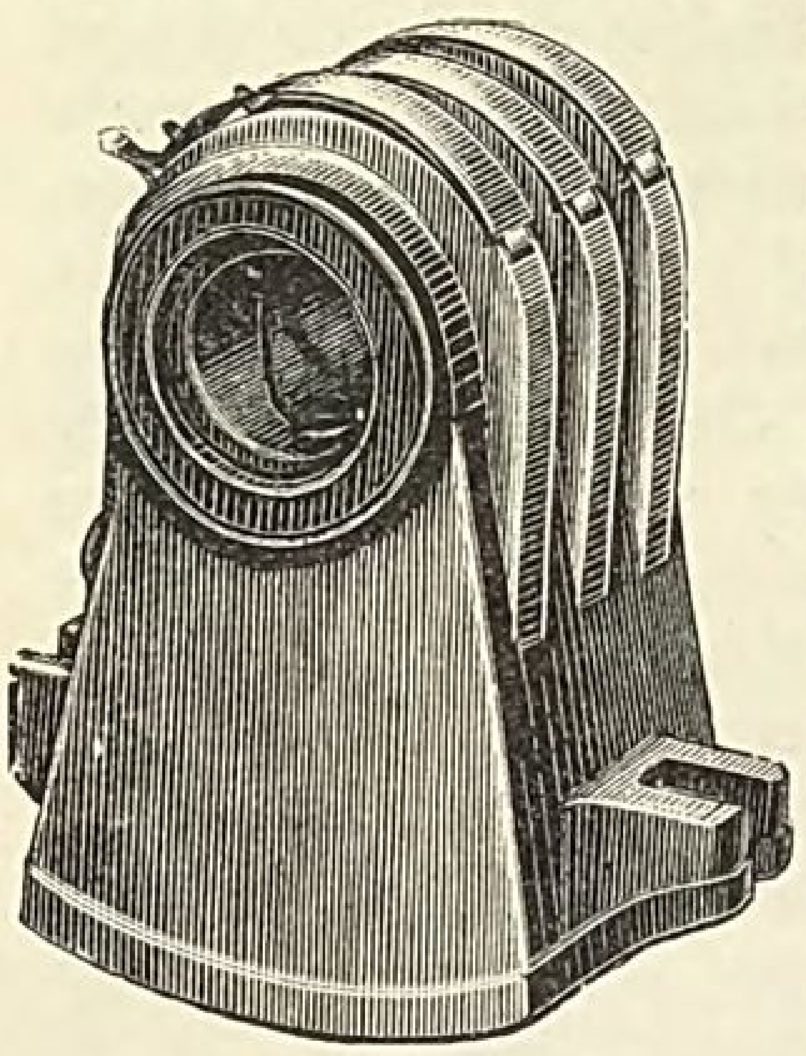


Fig. 37.

$$\frac{\text{Elektrischer Nutzeffekt} \left\{\begin{matrix}\text{an den Klemmen der}\\ \text{Dynamo gemessen.}\end{matrix}\right\}}{\text{Mechanischer Gesamteffekt} \left\{\begin{matrix}\text{durch die Dampfmaschine erzeugt}\\ \text{und durch Bremsung etc. gemessen.}\end{matrix}\right\}}$$

ein Mass für die Güte der Konstruktion und bezeichnet ihn mit dem Namen Mechanisches (ökonomisches oder totales) Güteverhältnis [3], [6], [8,], [20].

Liefert beispielsweise ein Dynamo, durch eine Dampfmaschine getrieben, bei 65 Volt Spannung, 200 Ampère = 13000 Watt und hat man durch Bremsung oder dergl. den Effekt der Dampfmaschine zu 20 P.S. gefunden, so ist $\frac{13000}{20 \cdot 736} = 0{,}88$ (= 88 %) das mechanische Güteverhältnis der Dynamomaschine. Zieht man bei diesem Vergleiche lediglich die Verluste in Betracht, welche sich bei dem Durchfliessen des Stromes durch die Anker und Magnetdrähte durch Erwärmung der letzteren kund geben, und lässt also alle Reibungs-, Hysteresis-, Wirbelstrom- und dergl. Verluste fort, so erhält man in dem Quotienten:

$$\frac{\text{Elektrischer Nutzeffekt}}{\text{Elektrischer Gesamteffekt}}$$

das sogen. elektrische Güteverhältnis der Dynamo. Der Zähler dieses Bruches ist, wie vorhin die Arbeit der Dynamo, an den Klemmen gemessen, der Nenner dagegen stellt denselben elektrischen Nutzeffekt dar, jedoch vermehrt um die Effektverluste, welche bei der Ueberwindung des Anker- und des Magnetwiderstandes verloren gegangen, resp. in Wärme umgesetzt sind. Aus den bekannten Anker- und Magnetwiderständen kann man letztere leicht berechnen. Das elektrische Güteverhältnis ist natürlich grösser als das ökonomische.

Am bequemsten erkennt man die Eigenschaften einer Dynamo aus der sogen. charakteristischen Kurve oder Charakteristik [3], [4], [5], [13]. Es ist dies eine Kurve, welche so entsteht, dass man in ein rechtwinkeliges Koordinatensystem die Stromstärken einer mit konstanter Tourenzahl laufenden Dynamo als Abscissen, die elektromotorischen Kräfte als Ordinaten einträgt, unter fortwährender Aenderung der Stromstärke durch Aenderung des äusseren Widerstandes, und die entstandenen Schnittpunkte mit einander verbindet. Eine solche Kurve zeigt in übersichtlicher Weise das gegenseitige Verhältnis von Stromstärke und Spannung und kann auch, nach Einzeichnung der sogen. Leistungskurven (Effektkurven) benützt werden, um die Zahl der Pferdestärken, welche jedem Punkte der Charakteristik entsprechen, zu finden [3]. Jede Dynamomaschine lässt sich jetzt, nachdem die Theorie besonders durch die Arbeiten von Fröhlich [1], Kapp [2], [9], [19], Hopkinson [17] sehr genau entwickelt ist, in Bezug auf die Dimensionen des Ankers und der Magnete, ferner in Bezug auf die Bewickelung, die Ampèrewindungszahl, das elektrische Güteverhältnis etc. mit Sicherheit vorausberechnen. Diese umfangreichen Berechnungen und Entwicklungen gehören jedoch nicht in den Rahmen dieses Buches und sei hierfür besonders auf [3], [4], [5], [11], [20], [21] verwiesen.

Litteratur: [1] Fröhlich, Die Dynamomaschine, Berlin 1886. — [2] Kapp, Die Dynamomaschine, Berlin 1894. — [3] Kittler, Handbuch der Elektrotechnik, Stuttgart 1892. — [4] Thomson, Die Dynamoelektrischen Maschinen, Halle 1893. — [5] Holzt, Schule des Elektro-

technikers, Leipzig 1896. — [6] Graetz, Die Elektrizität und ihre Anwendungen, Stuttgart 1895. — [7] Arnold, Die Ankerwickelungen, Berlin 1896. — [8] Heim, Die Einrichtung elektrischer Beleuchtungsanlagen, Leipzig 1896. — [9] Kapp, Die elektrische Kraftübertragung, Berlin 1895. — [10] Krieg, Elektrische Motoren, Leipzig 1891. — [11] Hilfsbuch für die Elektrotechnik von Grawinkel & Strecker, Berlin 1895. — [12] Poggendorfs Annalen 1867. — [13] Wiedemanns Annalen 1879. — [14] Wiedemanns Annalen 1885. — [15] The Elektrician, 1889. — [16] Zentralbl. f. d. Elektrotechnik 1884. — [17] Ibid. 1887. — [18] Elektrotechn. Zeitschr. 1887. — [19] Ibid. 1890. — [20] Ibid. 1891. — [21] Ibid. 1892. — [22] Ibid. 1893. — [23] Ibid. 1894. — [24] Ibid. 1895.

Holzt.

Dynamometer oder Kraftmesser sind Instrumente zur Messung der Stärke oder Intensität einer Kraft. Da das Produkt aus jeder Kraft und der Geschwindigkeit des Kraftangriffspunktes die mechanische Arbeit derselben repräsentirt, so eignen sich die Dynamometer auch zur Arbeitsmessung, und werden daher auch unter denselben im engeren Sinne die zahlreichen Instrumente zur Messung mechanischer Arbeiten von Maschinen verstanden (s. Maschinenmesskunde). Da die meisten Kräfte direkt als Zug- oder Druckkräfte auf die ihrem Einfluss unterworfenen Körper wirken, so gehören zu den Dynamometern im weiteren Sinne alle Wagen, Gewichts- und Federwagen, ferner alle Instrumente zur Messung des spezifischen Druckes von Flüssigkeiten, Dämpfen und Gasen, welch letztere jedoch gewöhnlich nicht Dynamometer, sondern Manometer (s. d.) genannt werden. — Die Dynamometer im engeren Sinne dienen entweder nur zur Kraftmessung oder zur Messung der in einer bestimmten Zeit geleisteten Arbeit, also zur Summirung oder Totalisirung der geleisteten Arbeit, weshalb die letzteren auch totalisirende Dynamometer heissen.

Grashof [1] teilt die Dynamometer im engeren Sinne in folgende Klassen ein: 1. Momentan wirkende Dynamometer: a. mit indirekter Kraftmessung (oder Bremsdynamometer), b. mit direkter Kraftmessung (oder Transmissionsdynamometer); 2. Totalisirende Dynamometer. Nach Rateau [2] zerfallen dieselben ihrer Form und Wirkungsweise nach in: a. Federdynamometer, b. Torsionsdynamometer, c. Flüssigkeitsdynamometer, d. Dynamometrische Wagen. Kovarik [3] unterscheidet: 1. Absorptionsdynamometer, bei welchen die Arbeitsmessung indirekt durch Messung eines Reibungswiderstands geschieht, und 2. Transmissionsdynamometer, bei welchen die Umfangskraft a. durch Wägung der Umfangskraft eines in die Transmission der Arbeitsmaschine eingeschalteten Zahnrades oder Riemens, b. durch die Messung der Deformation eines in die Transmission eingeschalteten, deformirbaren Bestandteils, einer Feder (eines Riemens oder dergl.) ermittelt wird. Im folgenden soll die Grashof'sche Einteilung beibehalten werden.

1. Momentan wirkende Dynamometer. Dieselben geben die Arbeitsstärke nur für einen bestimmten Augenblick während des Ganges der Maschine an und lassen eine Veränderung derselben nicht ohne weiteres derart erkennen, dass man daraus die ganze Arbeit oder die mittlere Arbeitsstärke für einen gewissen Zeitraum ermitteln kann. Letzteres ist bei ihnen nur dann möglich, wenn die zu untersuchenden Maschinen mit ziemlich grosser Gleichförmigkeit laufen, was allerdings meistens bei Kraftmaschinen der Fall ist. Diese Dynamometer finden daher vielfache Anwendung zur Messung der Leistung der letzteren. Die Arbeitsmessung kann entweder indirekt oder direkt erfolgen. Im ersteren Falle wird die von einer Kraftmaschine geleistete Arbeit durch eine am Umfang einer auf der Hauptwelle sitzenden Scheibe erzeugte Reibungsarbeit verbraucht oder absorbirt und aus der Grösse der letzteren dann die von der Maschine in der Zeiteinheit geleistete Arbeit berechnet. Diese Dynamometer werden gewöhnlich als Bremsdynamometer bezeichnet. Im zweiten Fall wird die von der Maschine geleistete Arbeit aus der Zugkraft eines zwischen die Kraftmaschine und die Transmission eingeschalteten Riemens oder aus der Umfangs- bezw. Teilkreiskraft eines Zahnrades und der Riemen- bezw. Teilkreisgeschwindigkeit berechnet. Da dieselben einen Teil der Krafttransmission von der Kraftmaschine auf die Arbeitsmaschine bilden, heissen sie Transmissionsdynamometer.

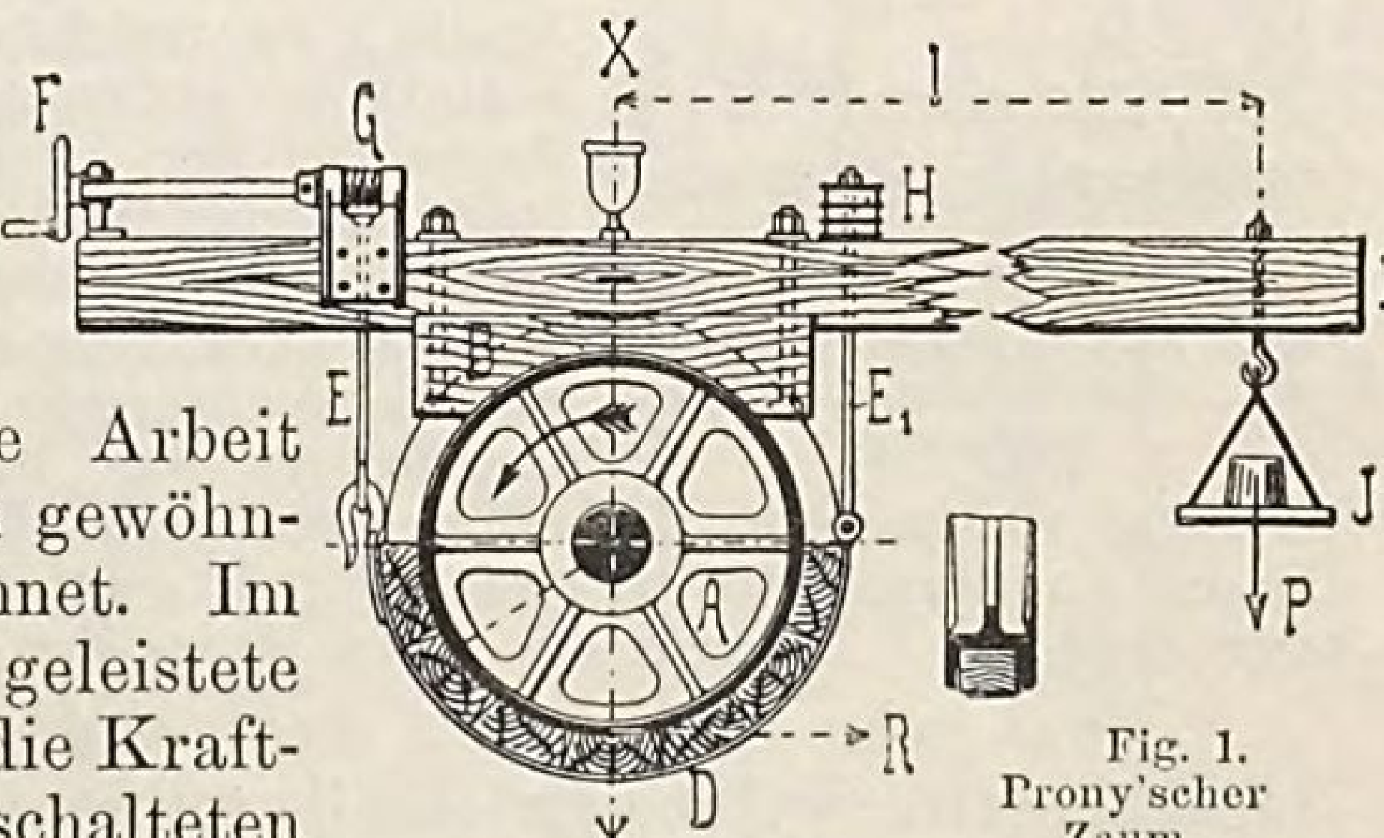


Fig. 1. Prony'scher Zaum.

A. Bremsdynamometer. Das älteste und bis vor kurzem am meisten gebrauchte Bremsdynamometer ist der Prony'sche Zaum, dessen verschiedene Ausführungsformen aus den Fig. 1—3 zu ersehen sind.

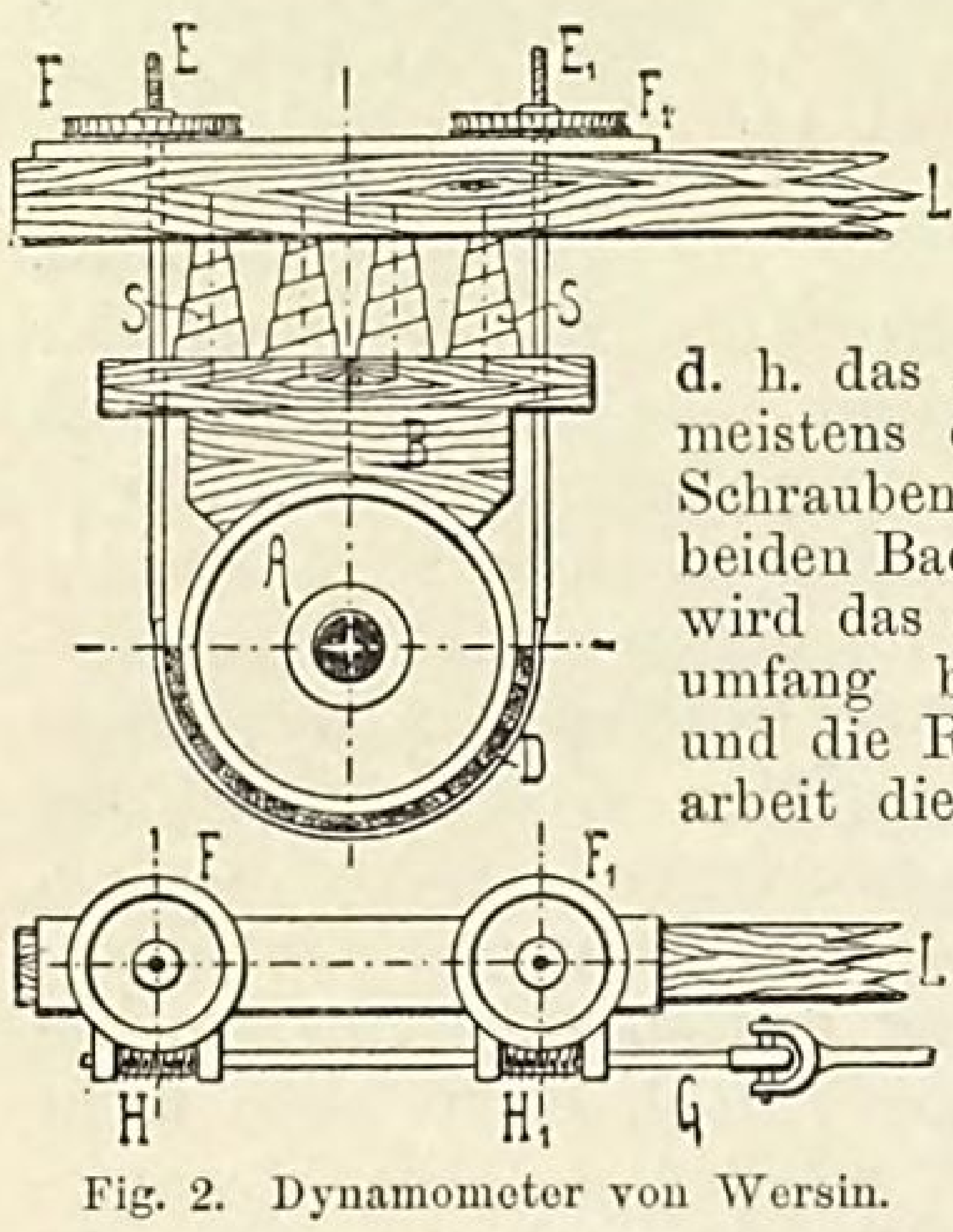


Fig. 2. Dynamometer von Wersin.

Derselbe beruht auf dem Prinzip der Backenbremse, indem die auf der Maschinenwelle befestigte Bremsscheibe A durch zwei mittelst zweier Schrauben zusammengezogene Holzbacken B und C (Fig. 3) oder durch einen Backen B und ein an seiner Innenfläche mit Holzklötzen belegtes Band D (Fig. 1 und 2) gebremst wird. Das Festbremsen, d. h. das Anpressen der Holzscheiben gegen die Bremsscheibe geschieht meistens durch eine oder zwei, durch Handräder, Schrauben und Schraubenräder bewegte Schrauben. Durch elastische Einlagen zwischen beiden Backen (Gummischeiben H, Fig. 1, oder Schraubenfedern S, Fig. 2) wird das durch das starke Anpressen der Bremse gegen den Scheibenumfang bewirkte heftige Zittern der Bremse wesentlich verringert und die Regulirung der Bremse erleichtert. Zur Messung der Reibungsarbeit dient eine am Ende des Bremsbalkens angebrachte Gewichtsschale J, welche das Gewicht P trägt. Um das durch das Herumschleudern der Gewichte äusserst gefährliche Herumschlagen des durch die vermehrte Reibung mitgenommenen Bremsbalkens L zu vermeiden, müssen Anschläge für den Bremsbalken vorhanden sein, so dass er nur wenig aus seiner horizontalen Lage nach oben und unten ausschlagen kann. Praktischer ist es noch, wenn der Bremsbalken sich infolge der Reibung gegen den Fussboden zu bewegt und sich mit einem am Ende angebrachten Fuss auf die Brücke einer Dezimalwage stützt. Die Berechnung der Leistung N_e einer Maschine (in Pferdestärken) mit Hilfe der Backenbremse geschieht nach der Gleichung: $N_e = \frac{P l \pi n}{30 . 75} = 0{,}001396 . P l n$, worin P in kg und l, der Hebelarm des Bremsbalkens, in m einzusetzen sind, n die Tourenzahl der zu bremsenden Welle in der Minute ist.

Verschiedene eigenartige Konstruktionen bezwecken die teilweise Beseitigung der Hauptnachteile des Prony'schen Zaums, vor allen Dingen der Veränderlichkeit des Belastungsmoments bei jeder Schwingung des Bremshebels um seine horizontale Lage. Bei der geringsten Aenderung in der Leistung der Maschine (welche streng genommen während eines jeden Kolbenhubs stattfindet) wird, so lange die Reibung dieselbe bleibt, die Bremse entweder zu stark oder zu schwach bremsen, je nachdem die Leistung der Maschine ab- oder zunimmt, infolge dessen also die Bremse mitgenommen werden, wodurch der Hebelarm l (Fig. 1) kleiner, das neue Moment $P . l$ also ebenfalls kleiner wird, während das Reibungsmoment grösser als das Moment der Umfangskraft geworden ist. Wird dagegen die Leistung der Maschine grösser, so wird die Bremse zurückbleiben und der Bremshebel sinken, wodurch ebenfalls eine Abnahme des Belastungsmomentes stattfindet, da auch in diesem Falle der Hebelarm l kleiner wird. Die Bremse befindet sich im labilen Gleichgewicht, da der Schwerpunkt des ganzen Systems über der Wellenaxe liegt, wodurch starke Schwankungen und plötzliche Ausschläge bewirkt werden.

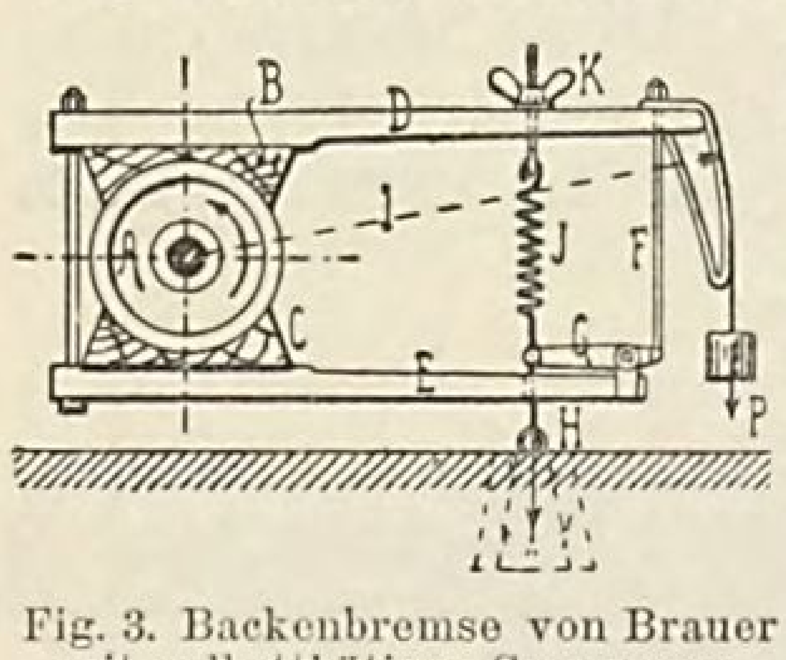


Fig. 3. Backenbremse von Brauer mit selbstthätiger Spannungsregulirung.

Um zunächst den Hebelarm l konstant zu halten, wird häufig am Ende des Bremshebels ein bogenförmiges Stück (Fig. 3) angebracht, an welchem das Gewicht hängt. Um ferner die Bremse anstatt im labilen im stabilen Gleichgewicht zu halten und beim Ausschlag der Bremse eine der Aenderung des Kraftmoments entsprechende Aenderung des Belastungsmoments zu erzielen [4], wird der Bremshebel auch wohl, wenn die örtlichen Verhältnisse es ermöglichen, unter die horizontale Wellenaxe gelegt. Um endlich die Backenbremsen selbst in die Lage zu versetzen, sich jeder Aenderung der zu bremsenden Leistung (innerhalb gewisser Grenzen) anzupassen, sind solche mit selbstthätiger Spannungsregulirung konstruirt worden. Bei der Anordnung von Brauer (Fig. 3) geschieht die Selbstregulirung durch das am Hebel G angreifende Seil H bezw. die Feder J, welche durch die Schraube K eingestellt wird.

Eine sehr sinnreiche, wenn auch etwas komplizirte Konstruktion einer Backenbremse, welche gleichfalls selbstregulirend wirkt, ist diejenige von Marcel Deprez [6], welche auf einer Veränderung der Normaldrücke der beiden Bremsbacken gegen die Scheibe beruht. — Ein Hauptnachteil der Backenbremsen ist auch die ausserordentlich geringe Wärmeabgabe an die äussere Luft oder Luftkühlung und die hierdurch bedingte starke Wasserkühlung. Da nun Holz

eine sehr geringe Wärmeleitungsfähigkeit besitzt, so geht hieraus ohne weiteres hervor, dass es vorteilhaft ist, an Stelle der Backenbremsen die Bandbremsen zu verwenden, deren dünne Stahlbänder eine grosse Wärmeabgabe ermöglichen. Dieselben besitzen gegenüber dem Prony'schen Zaum und den aus ihm hervorgegangenen Konstruktionen der Backenbremsen aber noch manche andere Vorzüge, so der leichteren Anbringung und Handhabung, des Fortfalls einer besondern Bremsscheibe, des Fortfalls der Wasserkühlung und der dadurch verursachten Unannehmlichkeiten, der grösseren Dauerhaftigkeit, der leichteren Selbstregulirung, des geringeren Gewichts, der wesentlich geringeren Gefährlichkeit der Handhabung gegenüber dem Prony'schen Zaum u. s. w.

Zur Erklärung der Wirkungsweise der Band-Bremsdynamometer diene das Navier'sche Bremsdynamometer (Fig. 4). Um die zu bremsende Scheibe A, welche auf der Maschinenwelle sitzt, ist ein Riemen gelegt, welcher auf der einen Seite ein Gewicht P trägt, auf der andern Seite mit einer am Fussboden befestigten Federwage verbunden sei und auf dieselbe den Zug p ausübe. Die Spannungen in den beiden vertikalen Riemenenden seien mit S_1 und S_2 bezeichnet, so ist ohne weiteres $S_1 = P$ und $S_2 = p$. Nach bekannten Lehrsätzen der Mechanik ist nun $S_1 = S_2 e^{\mu \cdot \alpha}$ und $S_1 - S_2 = R$, worin e die Basis der nat. Logarithmen 2,71828..., μ den Reibungskoefficient zwischen dem Riemen und der Scheibe, α die Länge des vom Riemen umspannten Bogens und endlich R die Umfangskraft, also die zur Bremsung der Maschine erforderliche Reibung bezeichnet und letztere sich aus der Gleichung $N_e = 0{,}001396 \cdot R \cdot r \cdot n$ oder

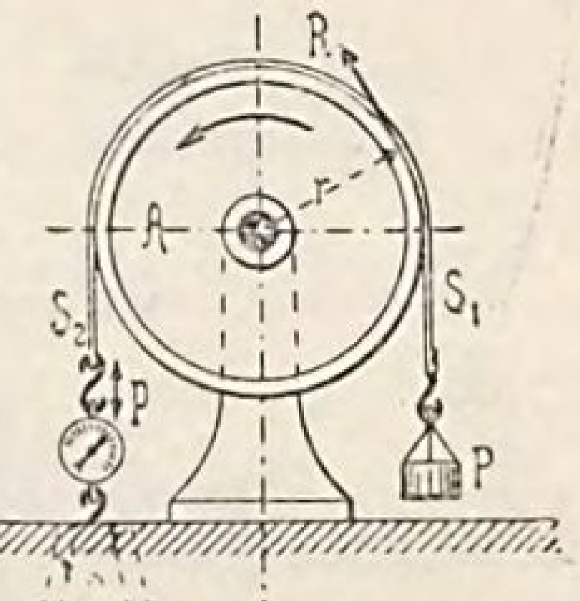


Fig. 4. Dynamometer von Navier.

der Gleichung $R = \frac{716{,}2 \cdot N_e}{r \cdot n}$ berechnet. Aus den vorstehenden Gleichungen folgt nun $R = S_2 (e^{\mu\alpha} - 1)$ und $N_e = 0{,}001396\ S_2 (e^{\mu\alpha} - 1) \cdot r \cdot n$. Hieraus folgt, dass bei konstanten Werten von r, n, μ und α eine Aenderung der Leistung N_e auch eine Aenderung der Spannung S_2 und also auch von S_1 zur Folge hat und man die Leistung daher berechnen kann, wenn man S_1 oder S_2 ermittelt, was durch Gewichte oder Federwagen geschieht.

Auf einem ähnlichen Prinzip beruhen die Dynamometer von Imray und von Amsler. Den Uebergang von den vorerwähnten Konstruktionen zu dem gegenwärtig wohl am meisten angewendeten Bremsdynamometer von Brauer bildet das Balk'sche Dynamometer [7], Fig. 5, bei welchem ein mit Holz gefüttertes Eisen- oder Stahlband um die Bremsscheibe gelegt ist, dessen beide Enden an einem durch ein Regulirgewicht p belasteten Hebel A derartig angreifen, dass das mit der Spannung S_1 angespannte Bandende innerhalb des mit der Spannung S_2 ($S_1 > S_2$) angespannten liegt.

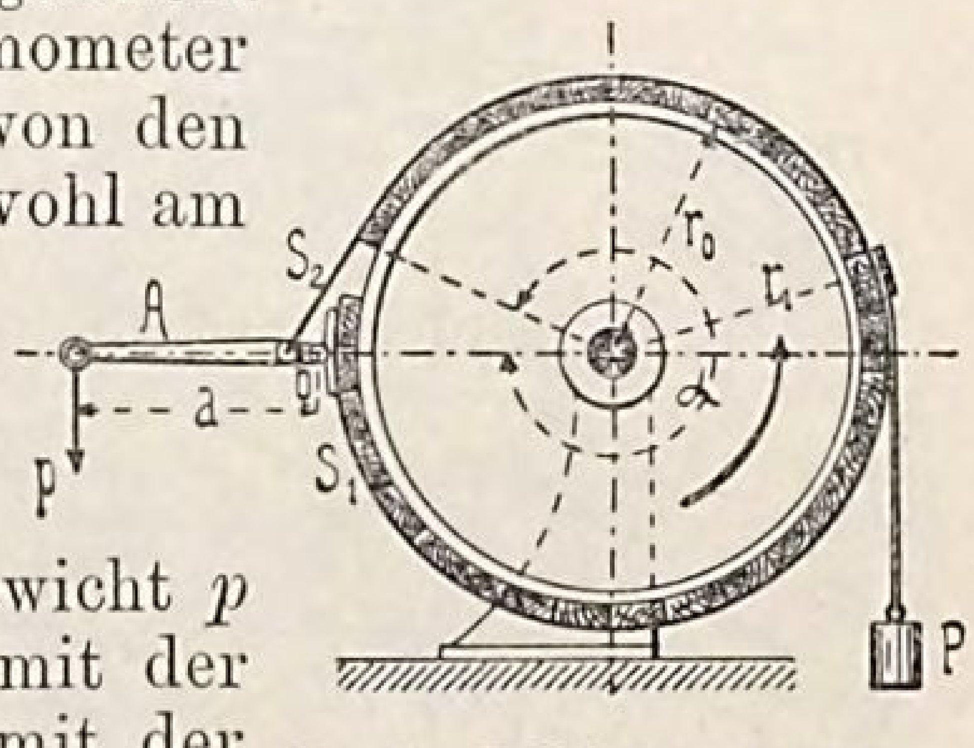


Fig. 5. Balk'sches Bremsdynamometer.

Am Umfang des Bandes ist ein das Belastungsgewicht P tragender Riemen befestigt, so dass das letztere stets in konstantem Abstand r_1 vom Wellenmittel wirkt, das Moment $P \cdot r_1$ also konstant bleibt. Durch Veränderung des Regulirgewichts p oder Verschiebung eines konstanten Gewichts auf dem Hebel A können die Spannungen S_2 und also auch S_1 verändert werden.

Das Brauer'sche Bremsdynamometer (Fig. 6 und 7) [6] hat an Stelle des mit Holz gefütterten Bandes ein dünnes Stahlband. Ferner liegt der Hebel A an derselben Seite der Bremse wie das Belastungsgewicht und es ist an Stelle des Regulirgewichtes p der Zug einer Feder B angewendet, deren Spannung durch Anziehen oder Nachlassen einer mit einer Flügelmutter C versehenen Schraube D leicht, bequem und absolut gefahrlos regulirt werden kann.

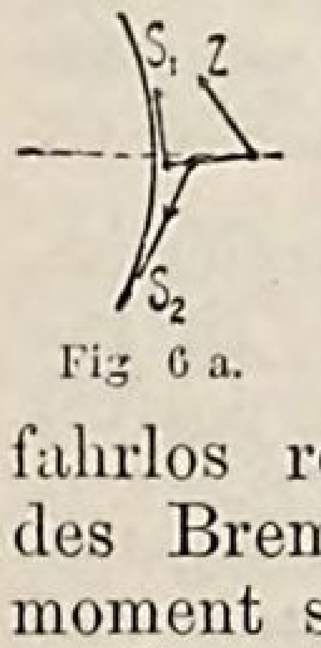


Fig. 6 a.

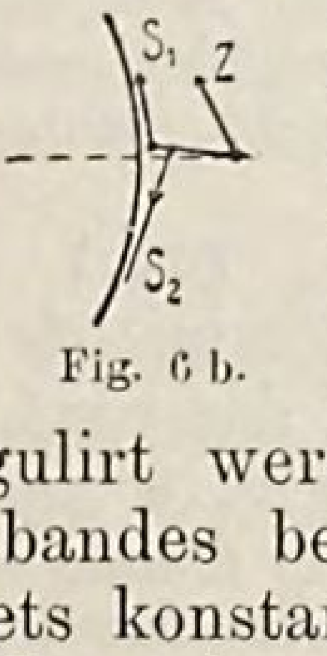


Fig. 6 b.

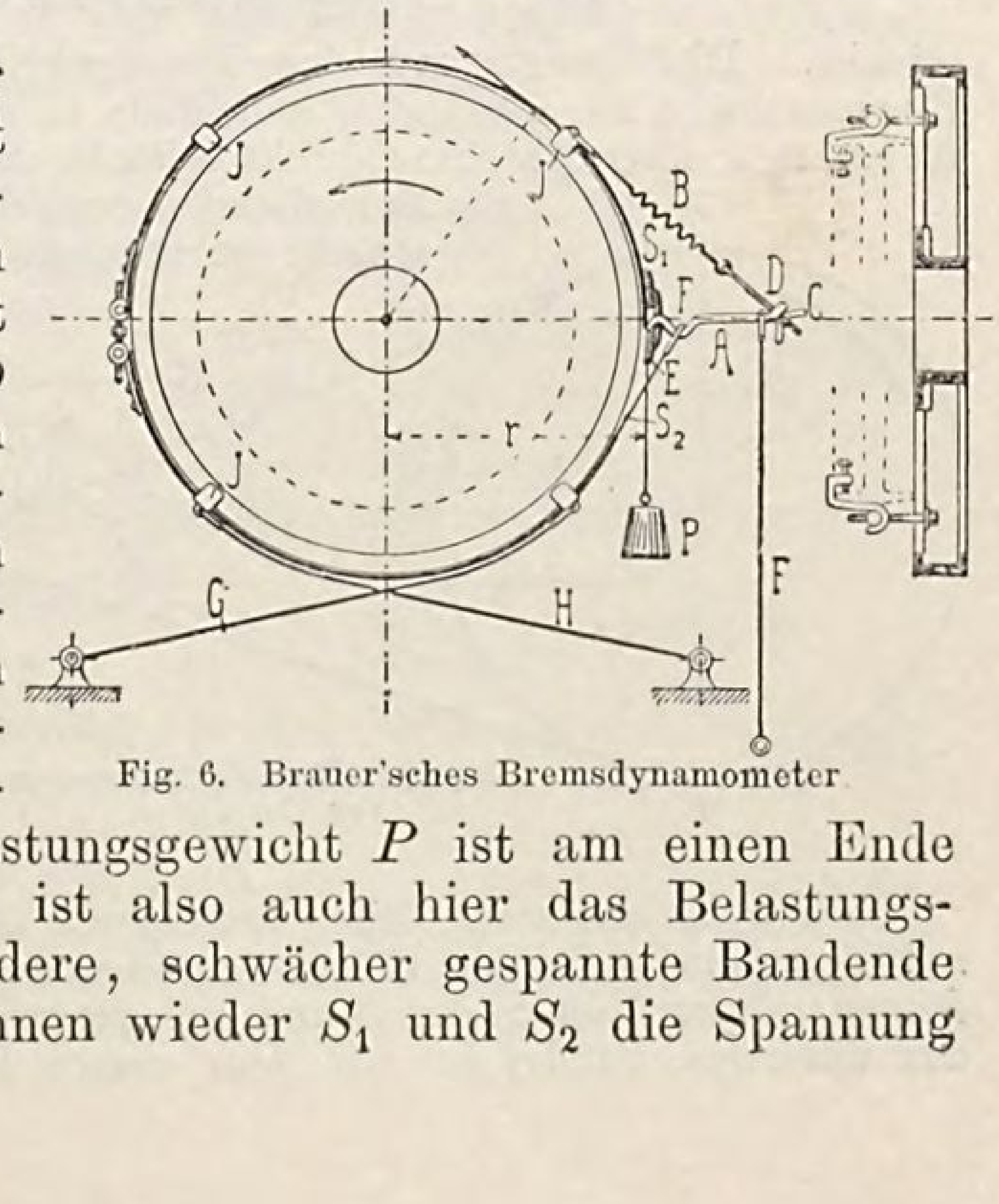


Fig. 6. Brauer'sches Bremsdynamometer

Das Belastungsgewicht P ist am einen Ende des Bremsbandes bei E aufgehängt und ist also auch hier das Belastungsmoment stets konstant $= P \cdot r$. — Das andere, schwächer gespannte Bandende greift bei F an dem Hebel A an. Bezeichnen wieder S_1 und S_2 die Spannung

in den beiden Bandenden, so ist wieder die Umfangsreibung $R = S_1 - S_2$ und $P \cdot r = R \cdot r_0$ (r_0 Halbmesser der Bremsscheibe). Die Leistung berechnet sich wieder aus der Gleichung $Ne = 0{,}001396 \cdot P \cdot r \cdot n$. Ein Hauptvorzug der Brauer'schen Bremse ist die Selbstregulirung derselben.

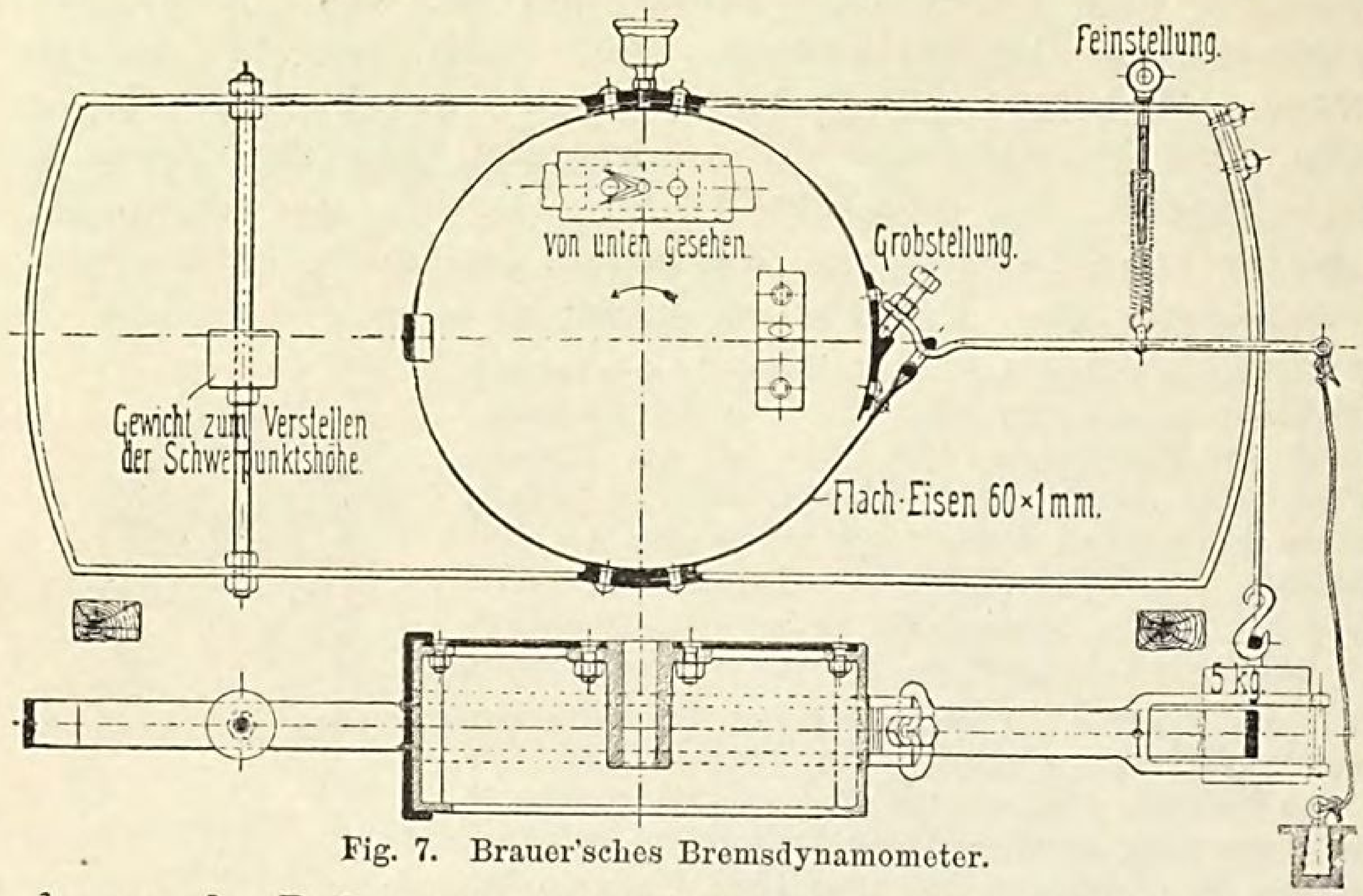


Fig. 7. Brauer'sches Bremsdynamometer.

Angenommen, es sei das Reibungsmoment $M_r = R . r_0$ kleiner als das Belastungsmoment $M_q = Pr$, so genügt dasselbe nicht mehr, um das Gewicht P zu tragen und letzteres sinkt. Hierbei kommt der Hebel A in die in Fig. 6a gezeichnete Lage, der Zug Z der Feder B zieht hierbei den Hebel nach oben, wodurch die Bremse stärker angespannt, die Reibung also vergrössert und die ganze Bremse wieder gehoben wird. Ist dagegen das Reibungsmoment grösser als das Belastungsmoment, so wird das Gewicht P und der Bremshebel A gleichfalls gehoben und kommt letzterer in die in Fig. 6b gezeichnete Stellung. Da das rechte Ende desselben durch die am Fussboden befestigte Schnur F verhindert ist, sich nach oben zu bewegen, so wird der Endpunkt des Hebels als Drehpunkt für eine Rechtsdrehung desselben dienen, wodurch ein Nachlassen der beiden Bandenden, also eine sofortige Verminderung der Reibung und infolge der geringeren Reibung wieder ein Niedersinken der Bremse bewirkt wird. Bei richtiger Einstellung der Bremse wird dieselbe daher nur sehr geringe Schwingungen um ihre Gleichgewichtslage ausführen und mit grosser Genauigkeit die mittlere Leistung der Maschine ermitteln lassen. Zwei am Fussboden befestigte Sicherheitsseile G und H verhindern ein zu weites Ausschlagen der Bremse, die an derselben befestigten Schuhe JJ dagegen ein seitliches Herabgleiten von der Bremsscheibe. Die Befestigung der Bremsscheibe auf einer auf der Maschinenwelle sitzenden Riemenscheibe ist aus Fig. 6 gleichfalls zu erkennen. Die Brauer'sche Bremse gestattet das Abbremsen einer Maschine direkt mittelst des Schwungrads, in welchem Fall nur ein grösseres Bremsband anzuwenden ist. Auch zum Abbremsen von mit Seilscheibe versehenen Maschinen eignet sich dieselbe, in welchem Falle an Stelle des Bandes eine Anzahl in die Seilrillen eingelegter Drähte verwendet wird, welche an ihrem Ende durch Querstücke zusammengehalten sind. Eine neuere Ausführungsform der Brauer'schen Bremse ist in Fig. 7 abgebildet und nach dem vorher Gesagten ohne weitere Erklärung verständlich.

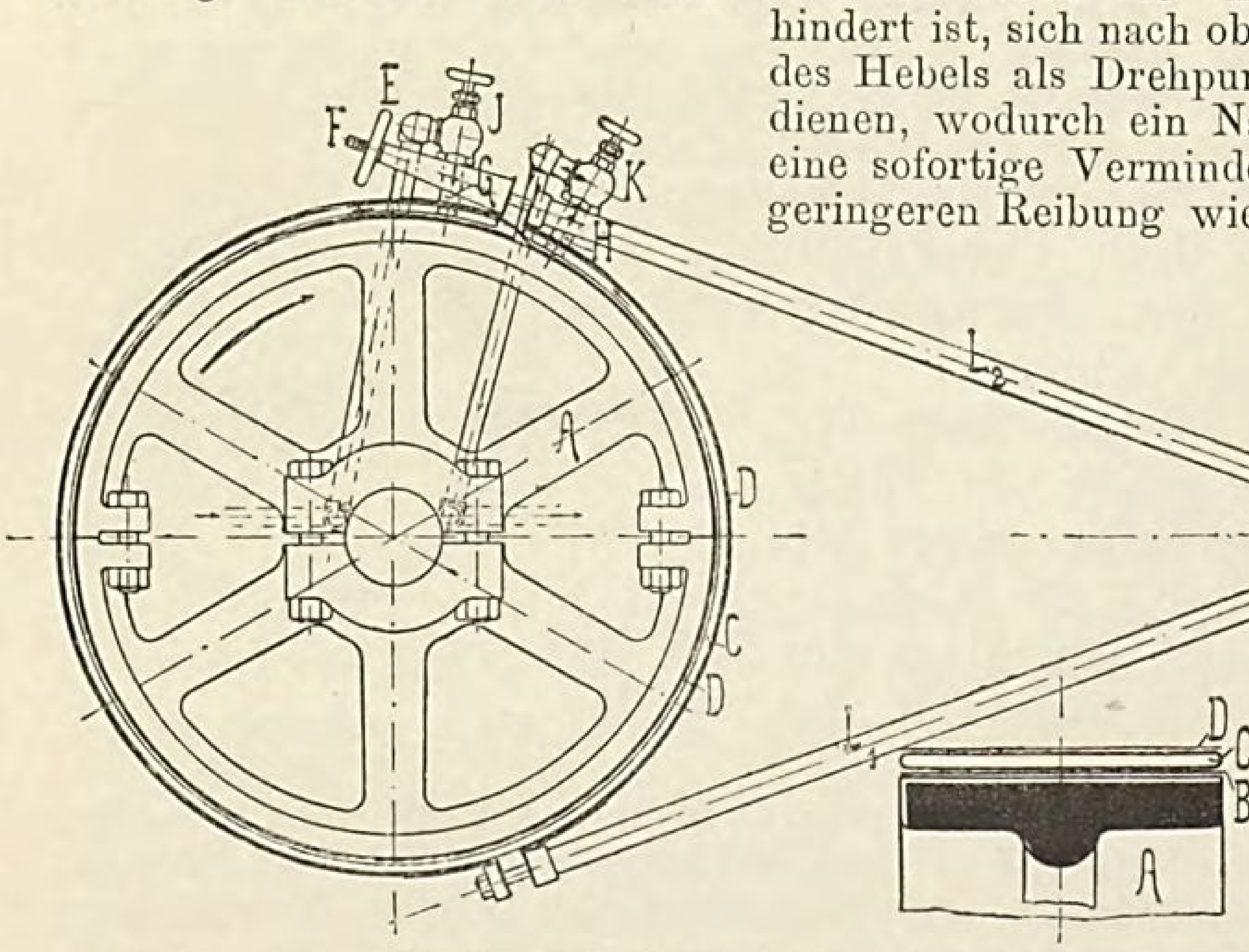


Fig. 8. Bremsdynamometer von Carpenter.

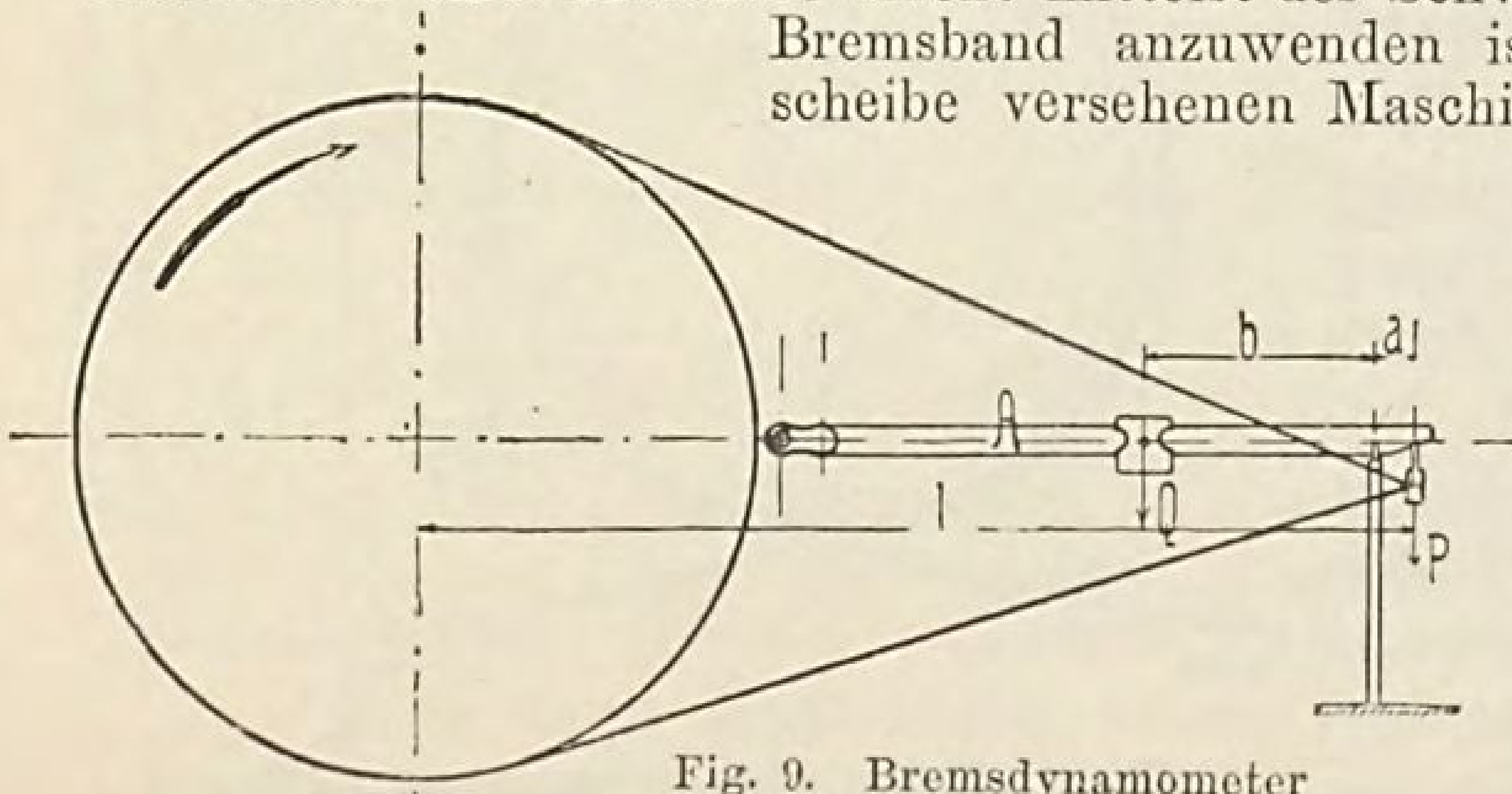


Fig. 9. Bremsdynamometer von Carpenter.

Ein neues, recht originelles, aber etwas komplizirtes Bremsdynamometer ist das von C a r p e n t e r konstruirte (s. Fig. 8 und 9). Um die aus zwei Teilen bestehende Bremsscheibe ist zunächst ein dünnes Stahlband B, auf dieses ein an beiden Enden geschlossenes, mit seitlichen Ansätzen versehenes, flaches und dünnwandiges Kupferrohr C und auf dieses ein zweites Stahlband D gelegt. Das eine Ende des untersten Bandes ist mit dem oberen Band verbunden, während die beiden Enden des

letzteren durch ein Handrädchen E und eine Schraube F zusammengezogen werden können, so dass die Spannung im äusseren Bande genau regulirt werden kann. Auf den beiden an die Enden des Kupferrohrs anschliessenden Rohransätzen G und H sitzen zwei Regulirventile J und K, durch welche Wasser in der durch die Pfeile angedeuteten Richtung in das Kupferrohr ein- und ausgelassen werden kann. Das innerste Stahlband wird hierbei durch den Wasserdruck in dem sich ausdehnenden Kupferrohr gegen den Umfang der Bremsscheibe gedrückt und erzeugt hier die zur Bremsung der Maschine erforderliche Reibung, während das äussere Band nur dazu dient, das Kupferrohr zusammenzuhalten. Zwei am äusseren Bande befestigte Schrauben S_1 und S_2 sind durch eine Platte M zusammengehalten und üben auf eine Wage N einen der Leistung der abzubremsenden Maschine entsprechenden Druck aus. Der letztere kann auch durch ein auf einem doppelarmigen Hebel A (Fig. 9) verschiebbares Laufgewicht Q gemessen werden, wobei die Gleichungen $P.l = R.r$, $P.a = Q.b$, $Q = R \cdot \frac{r}{l} \cdot \frac{a}{b}$ und $N_e = 0{,}001396.$ $P.l.n = 0{,}001396\, Q \cdot \frac{b}{a}\; l \cdot n$ bestehen. Durch die Ventile kann der Zu- und Abfluss des Wassers in das Kupferrohr und dadurch die Pressung des Bandes B gegen den Umfang der Bremsscheibe sehr genau regulirt werden und dient das im Kupferrohr enthaltene Wasser ausserdem zur Kühlung der Bremse, worin wohl ein Hauptvorzug der sonst ziemlich komplizirten und kostspieligen Konstruktion beruhen dürfte.

B. Transmissionsdynamometer. Bei denselben wird entweder ein Riemen zwischen Transmission und Arbeitsmaschine eingeschaltet und seine Spannungen gemessen oder der Teilkreisdruck eines gleichfalls in die Transmission eingeschalteten Zahnradgetriebes gemessen und hieraus durch Multiplikation mit der Riemen- bezw. Teilkreisgeschwindigkeit die Arbeit berechnet. Eine der ältesten Konstruktionen der letzteren Art ist das in Fig. 10 abgebildete Differentialdynamometer von White, das seinen Namen von dem eigenartigen, dem Differentialgetriebe nachgebildeten Mechanismus hat und aus zwei einander rechtwinkelig kreuzenden Wellen BB und CD, zwei festen und zwei losen Riemenscheiben $S_1 S_2$ und $S'_1\, S'_2$, sowie vier Kegelrädern, zwei grösseren $R_1 R_3$ und zwei kleineren $R_2 R_4$ besteht, welche letzteren alle vier mit einander im Eingriff sind. Die beiden Riemenscheiben S_1 und S_2 sind mit den Kegelrädern R_1 bezw. R_3 durch gemeinsame hohle Naben fest verbunden, können sich jedoch lose auf der Welle BB drehen. Die beiden kleineren Kegelräder $R_2 R_4$ sind auf der Schwinge CD lose drehbar und dienen nur zur Kraftübertragung zwischen R_1 und R_3. Die Schwinge CD hat in der Mitte eine Hülse H, durch welche die Welle BB hindurchgesteckt ist und mittelst deren die Schwinge um die Welle BB schwingen kann. Ein am äusseren Ende von CD angebrachtes Gegengewicht G dient zur Ausbalancirung der Schwinge, während mittelst eines am rechtsseitigen Ende angehängten Belastungsgewichtes Q die übertragene Kraft gemessen wird, indem das Gewicht den Momenten der beiden nach aufwärts gerichteten Zahndrücke A und E und der nach abwärts gerichteten Drücke bei A_1 und E_1 das Gleichgewicht hält (Berechn. [1], S. 847).

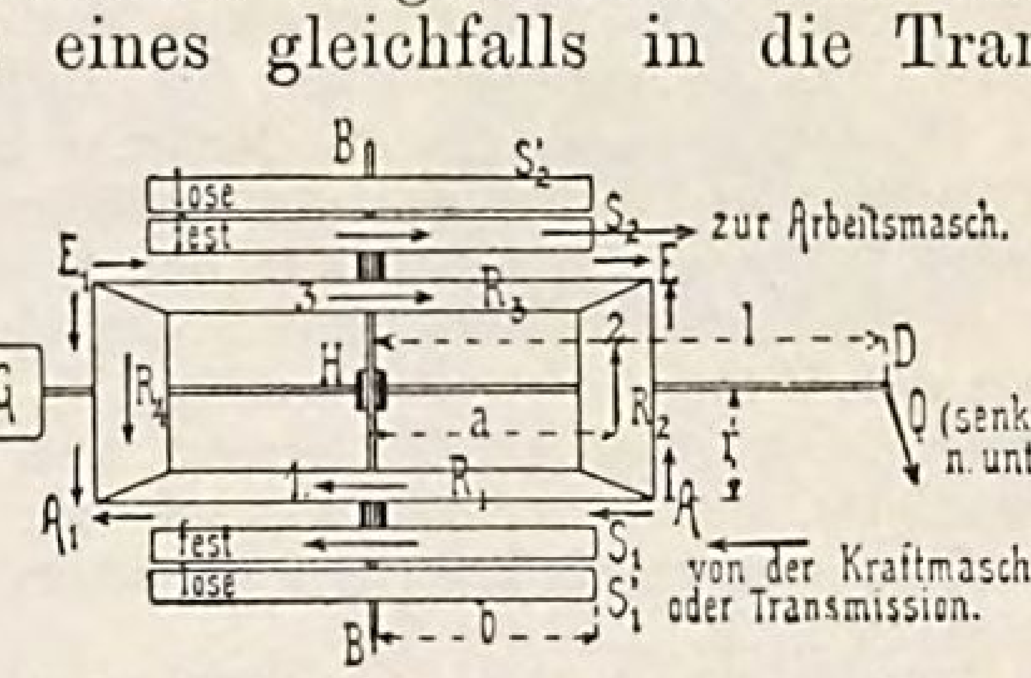


Fig. 10. Differentialdynamometer von White.

Auf demselben Prinzip wie das White'sche Dynamometer beruht das totalisirende Dynamometer von Richard in Paris, welches ebenso wie das den Zahndruck eines in die Transmission eingeschalteten Zahngetriebes messende Dynamometer von Hartig zu den totalisirenden Dynamometern gehört.

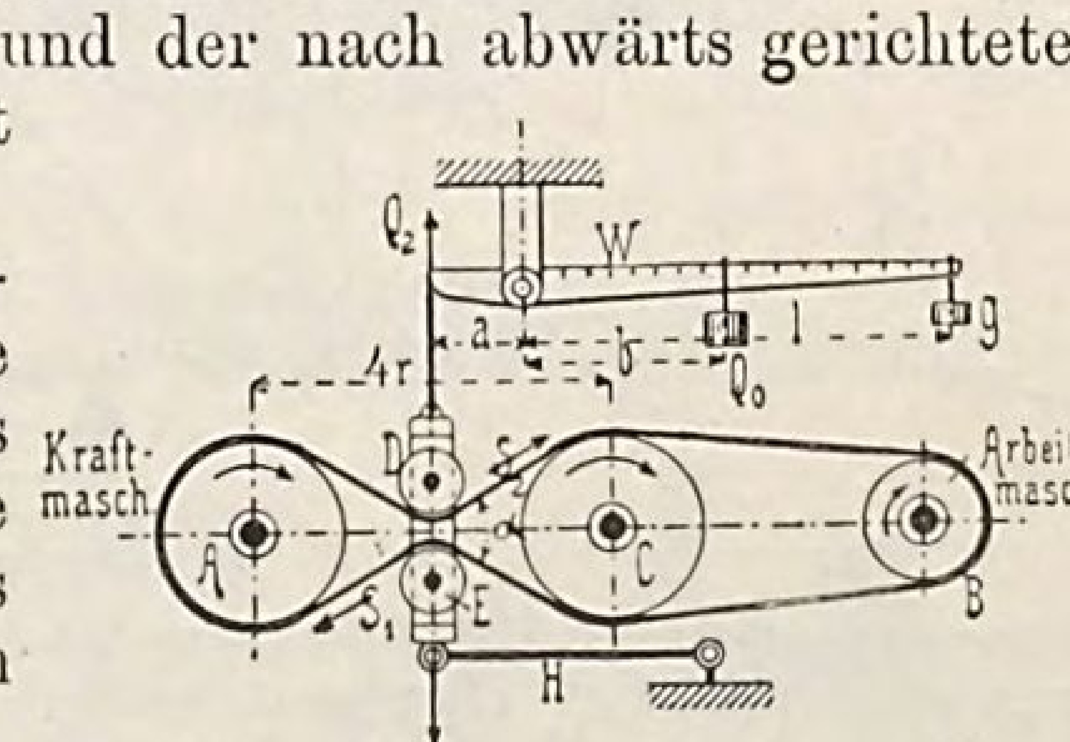
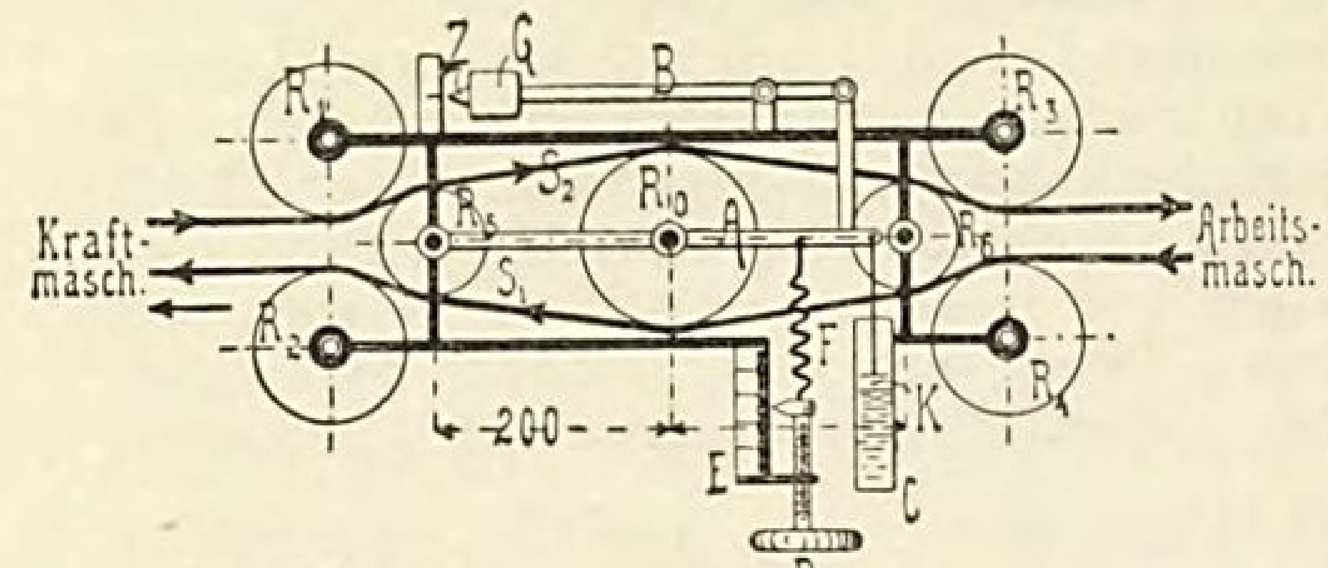


Fig. 11. Riemendynamometer von Elihu Thompson.

Zu den bekannteren Riemendynamometern gehört das von Elihu Thompson und Hefner-Alteneck. Diese beiden beruhen auf der Messung der Umfangskraft bezw. des Riemenzuges aus der Differenz der Riemenspannungen S_1 und S_2.

Das erstere, in Fig. 11 dargestellte Dynamometer besitzt zwei gleich grosse Scheiben A und C und eine kleinere Scheibe B, über welche ein endloser Riemen läuft, welcher in der Mitte zwischen A und C durch zwei Spannrollen D und E in der aus der Figur ersichtlichen Weise zusammengedrückt wird. Infolge der verschiedenen Riemenspannung S_1 und S_2 im ziehenden und gezogenen Trum wirkt auf die untere Spannrolle eine Kraft $Q_1 = 2\, S_1 . \cos \alpha$,

auf die obere eine Kraft $Q_2 = 2\,S_2 \,.\, \cos \alpha$, deren Differenz $Q_1 - Q_2 = P$ der Umfangskraft an der ziehenden Scheibe A ist. Die Differenz $Q_1 - Q_2$ wird durch das Laufgewicht Q_0 abgewogen, während das Moment $g \,.\, l$ zur Ausbalancirung des Rahmen- und Rollengewichtes des Dynamometers dient. — Das Dynamometer von Hefner-Alteneck (Fig. 12) beruht auf demselben Prinzip wie das vorbeschriebene, nur wird die Differenz der Riemenspannungen nicht durch Gewichte ermittelt, sondern durch die Spannung einer mit einem Zeiger verbundenen Feder gemessen. Der von der Transmission bezw. Kraftmaschine zur Arbeitsmaschine gehende Riemen läuft über sieben Rollen R_0 bis R_6, von welchen sechs in einem Rahmen fest gelagert sind, während die siebente Rolle R_0 an einer um die Axe von R_5 drehbaren Gabel A befestigt ist. Infolge des Ueberdrucks der Resultirenden Q_1 (Fig. 12 a) aus den beiden Spannungen S_1 über Q_2 wird die Rolle R_0 und mit ihr der Rahmen A nach oben gedrückt, der Zeiger Z des Hebels B dagegen aus seiner Mittellage nach unten bewegt. Hierbei wird die Feder F, welche am vorderen Ende der Gabel A angreift, angespannt. Durch Drehung der mit dem Handrädchen D versehenen, mit der Feder verbundenen Schraube kann nun der Zeiger auf der Skala E so lange nach unten verschoben und gleichzeitig der Hebel B nach oben bewegt werden, bis der Zeiger Z wieder die horizontale Lage des Hebels B anzeigt. An der empirisch durch Belastungen des Dynamometers mit an Riemen hängenden Gewichten bestimmten Skala E kann nun sofort die der Riemenspannungsdifferenz $Q_1 - Q_2$ entsprechende Umfangskraft P abgelesen werden. Das am linken Ende des Hebels B befindliche Gewicht G dient zur Ausbalancirung der Rolle R_0, der Gabel A und der übrigen beweglichen Teile. Zu letzteren gehört der am Ende der Gabel befestigte Kolben K, welcher sich in dem mit Glycerin oder dergl. gefüllten Cylinder C auf und nieder bewegt und zu heftige und momentane Schwankungen der Gabel verhindern, also bremsend wirken soll. Aus der an der Skala abgelesenen Umfangskraft P und der Riemengeschwindigkeit v in m/sec ergibt sich wieder die übertragene Leistung aus der Gleichung: $N_e = P \,.\, v : 75$.



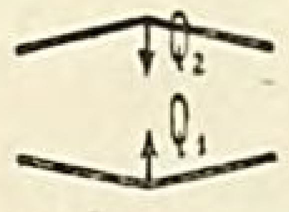


Fig. 12 a.

Fig. 12. Riemendynamometer von Hefner-Alteneck.

Ein Nachteil des Hefner-Alteneck'schen Riemendynamometers ist das ziemlich grosse Gewicht und die dadurch bedingte Schwierigkeit der Handhabung desselben, sowie das ziemlich umständliche Einbringen der Riemen zwischen die Rollen. — Ein Transmissionsdynamometer, bei dem die übertragene Kraft durch die Durchbiegung einer in den Apparat eingeschalteten Feder auf optischem Wege gemessen wird, ist das Dynamometer von Rateau [10] (Fig. 13.).

Die Blattfeder A ist in die Welle eingesetzt und greift oben und unten in je eine Nut B der lose auf der Welle sitzenden, von der Kraftmaschine oder Transmission angetriebenen Riemenscheibe C. Die stärkere oder geringere Durchbiegung der Feder bewirkt eine mehr oder weniger grosse Verdrehung einer auf der Welle drehbaren, mit einem Spiegel D versehenen Platte E. Die von einer Lichtquelle kommenden und durch eine kleine Oeffnung F (Fig. 13 a) und eine Linse G auf den Spiegel fallenden Lichtstrahlen werden auf eine Skala HJ geworfen und kann bei richtiger Tarirung der letzteren auf ihr direkt die der Federdurchbiegung proportionale Umfangskraft oder die übertragene Leistung für eine bestimmte Einheit der Geschwindigkeit abgelesen werden. Das Tariren der Skala geschieht durch Gewichte, mittelst deren die Welle bei festgehaltener Riemenscheibe belastet wird.

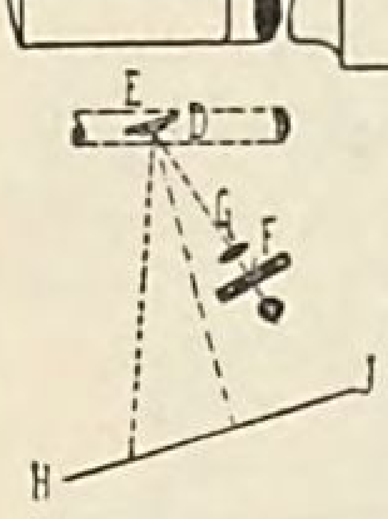


Fig. 13 a.

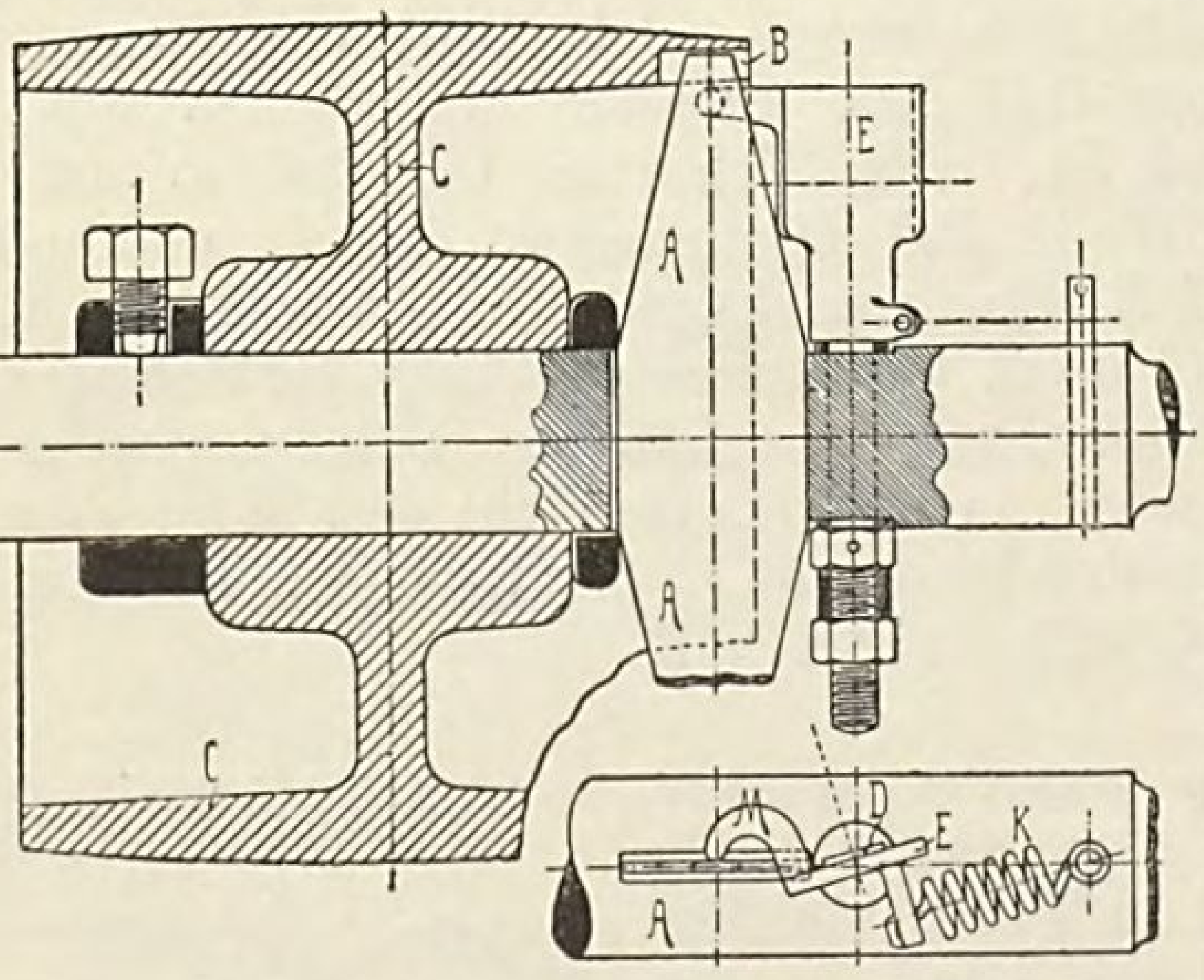


Fig. 13. Dynamometer von Rateau.

Das Rateau'sche Dynamometer ist ausserordentlich empfindlich, nur müssen für sehr verschiedene Leistung verschieden starke Blattfedern angewendet werden, damit die Durchbiegungen derselben nicht zu gross werden. Auf der nach der rechten Seite hin verlängerten Welle sitzt die zur Arbeitsmaschine führende Scheibe, oder die Dynamometerwelle wird direkt mit der Hauptantriebswelle der Arbeitsmaschine verkuppelt. Das Rateau'sche Dynamometer kann auch totalisirend arbeiten, indem der Lichtstrahl vom Spiegel auf eine mit lichtempfindlichem Papier versehene, durch ein Uhrwerk bewegte Trommel fällt.

2. Totalisirende Dynamometer. Dieselben beruhen im allgemeinen auf denselben Prinzipien der Kraftmessung wie die momentan wirkenden Dynamometer, also der Deformation einer in die Transmission eingeschalteten Feder oder der Messung des Zahndruckes eines Zahngetriebes. Zur Totalisirung sind dieselben noch mit einer Registrirvorrichtung versehen, welche meistens aus einem auf und nieder beweglichen Schreibstift und einer durch ein Uhrwerk gedrehten Papiertrommel zur Aufnahme des Diagramms besteht. — Das Dynamometer von J. Amsler-Laffon & Sohn in Schaffhausen [11] besteht aus zwei, auf den zusammenstossenden Wellenenden einer Transmission aufgekeilten Armen, an deren gegabelten Enden je eine Feder befestigt ist. Die Uebertragung der Kraft von einer Welle auf die andere hat eine Zusammendrückung der Federn zur Folge, wodurch ein mit dem einen Arm verbundener Schreibstift auf einer an dem andern Arm befestigten, durch einen Schaltmechanismus gedrehten Papiertrommel eine, die jeweilige Zusammendrückung darstellende Kurve beschreibt, aus welcher mit Hilfe einer dem Instrumente beigegebenen Skala bei bekannter Umdrehungszahl der Welle die übertragene Leistung ermittelt werden kann. Eine neuere Form des Amsler'schen Dynamometers (1894) ist aus Fig. 14 zu ersehen, bei welcher die Registrirvorrichtung stillsteht und der Schreibstift durch ein zwischen beiden Armen angebrachtes, über eine kleine Rolle laufendes dünnes Stahlband und Einwirkung desselben auf einen am Registrirapparat befestigten Hebel bewegt wird. Der in Fig. 14 neben dem linksseitigen Lager zu sehende Registrirapparat empfängt seine Bewegung nicht mehr durch das Dynamometer selbst, sondern durch ein in der Papiertrommel befindliches Uhrwerk. — Das bereits erwähnte Dynamometer von Hartig [12] misst die von der Kraftmaschine auf ein ziemlich komplizirtes Räderwerk übertragene Umfangskraft durch die grössere oder geringere Ausbiegung einer Blattfeder, welche Durchbiegung auf einem Registrirapparat in verkleinertem Massstabe aufgezeichnet wird, woraus sowohl die jeweilige Umfangskraft, als auch die Gesamtarbeit während einer gewissen Zeit leicht zu ersehen ist. Das totalisirende Dynamometer von Richard frères in Paris (Fig. 15—18) [13] beruht hinsichtlich der Messung der übertragenen Kraft auf dem Prinzip des White'schen Dynamometers, nur ist ein konisches Rad fortgelassen und findet die Messung der Teilkreiskraft in den konischen Rädern nicht durch Wägung, sondern manometrisch statt.

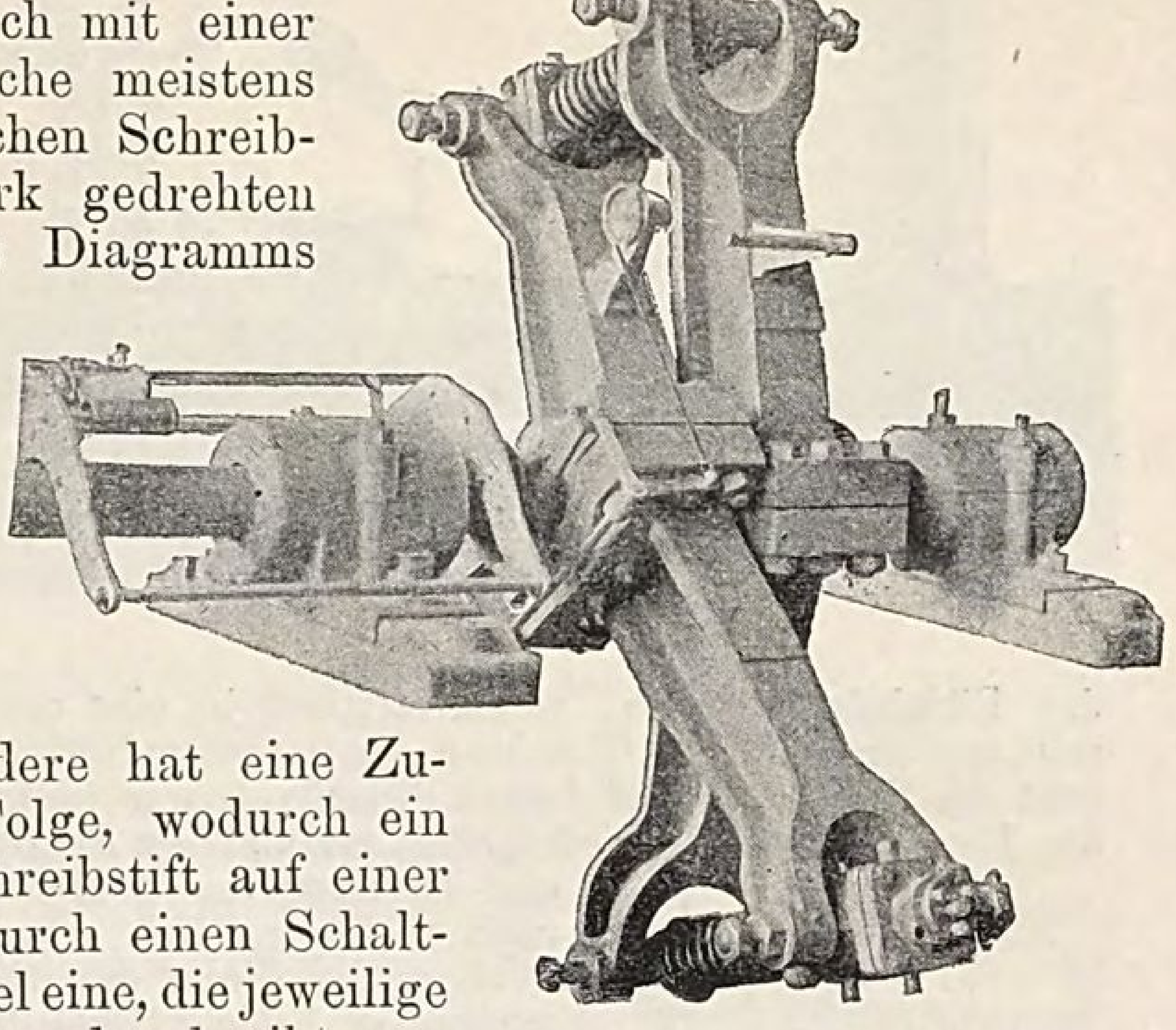


Fig. 14. Dynamometer mit stillstehendem Registrirapparat.

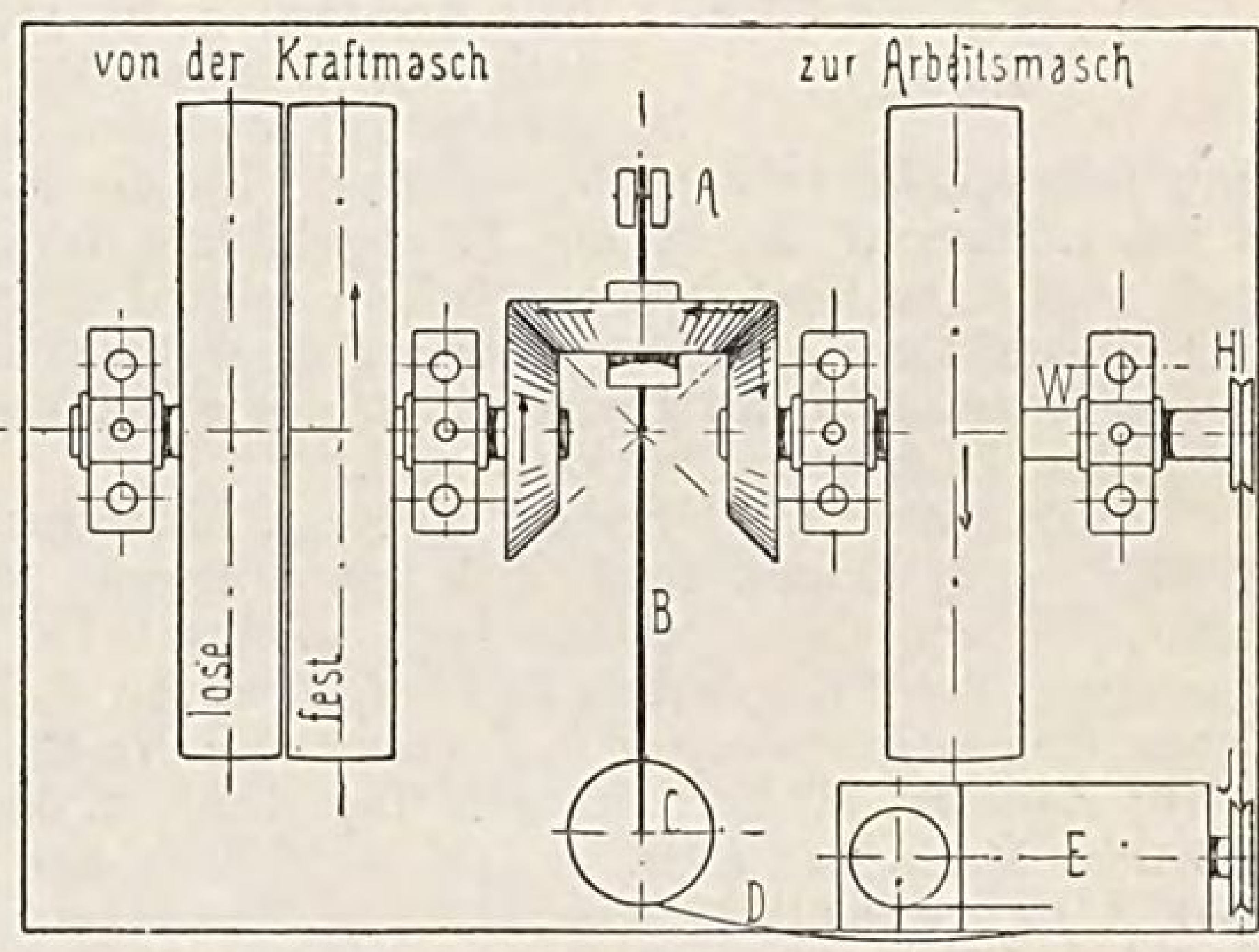


Fig. 15. Dynamometer von Richard frères.

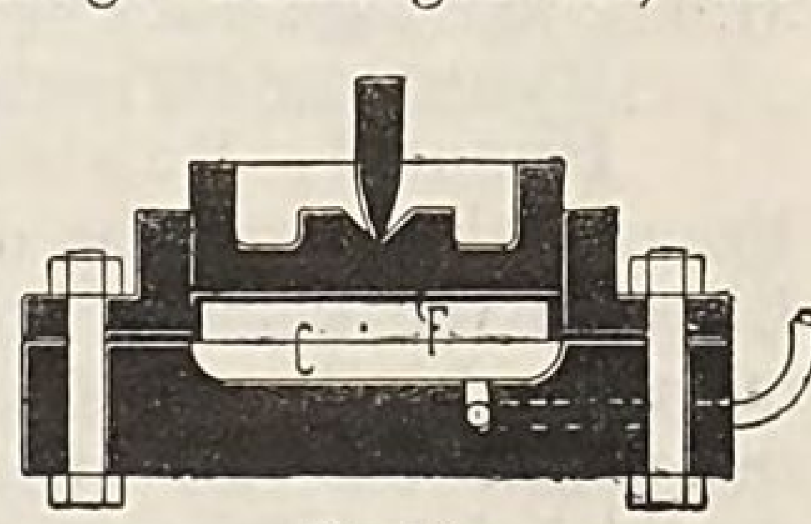


Fig. 16.

Das Ende der um A drehbaren Schwinge B stützt sich auf eine mit Wasser gefüllte und durch eine Lederscheibe F (Fig. 16) abgedichtete Dose C, von welcher ein Rohr G zu einem, den jeweiligen Zahndruck anzeigenden, empirisch tarirten Registrirapparat führt, dessen äussere Anordnung aus Fig. 17 ohne weitere Erklärung verständlich ist. Zur Messung der Umdrehungsgeschwindigkeit dient der in Fig. 18 dargestellte, als Kinemometer bezeichnete Mechanismus. Die von einer auf der Dynamometerwelle W sitzenden Schnurscheibe H (Fig. 15)

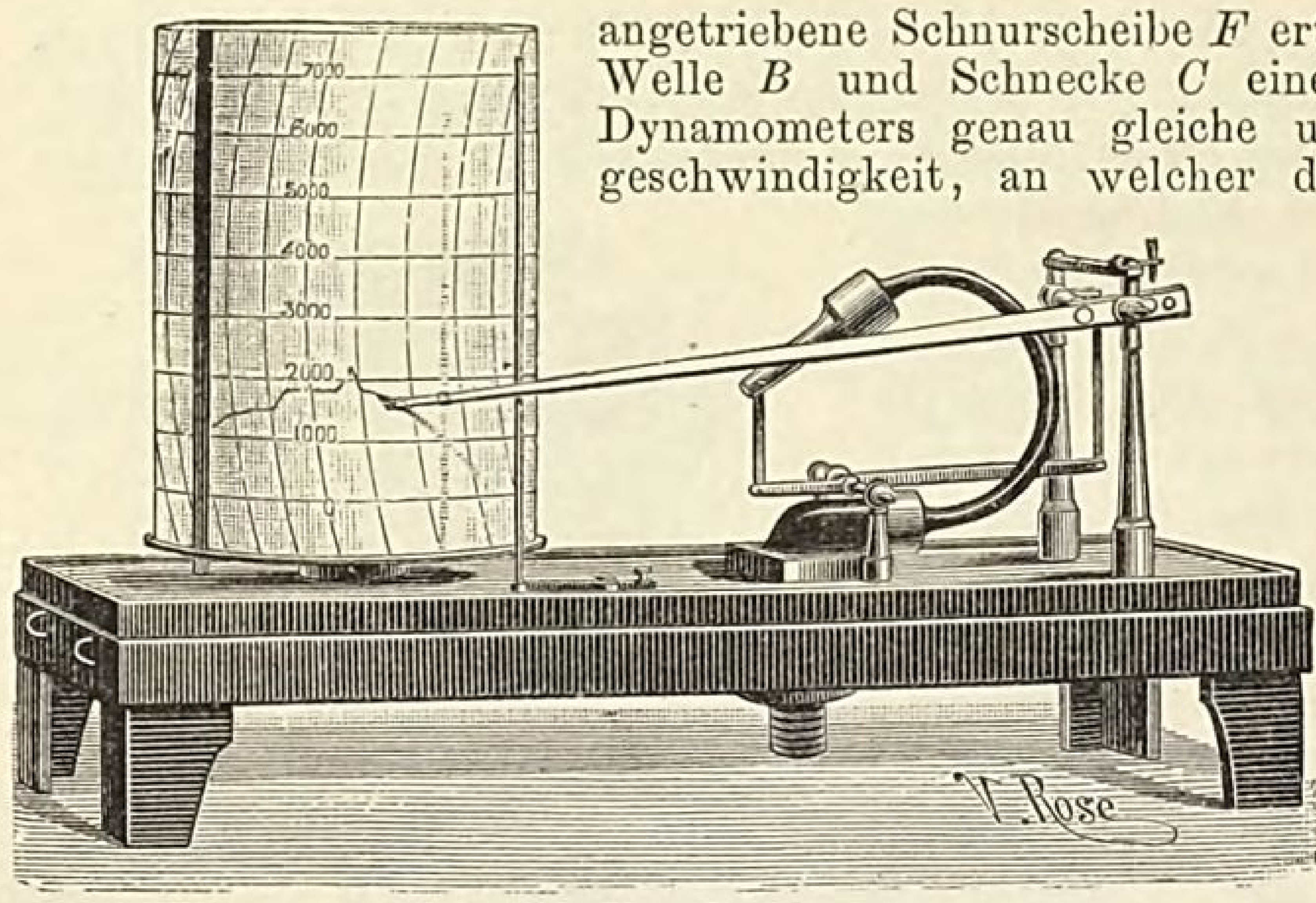


Fig. 17.

angetriebene Schnurscheibe F erteilt der Friktionsscheibe A (Fig. 18), Welle B und Schnecke C eine der Umfangsgeschwindigkeit des Dynamometers genau gleiche und mit ihr veränderliche Umfangsgeschwindigkeit, an welcher durch das Schraubenrad H auch die beiden Schraubenräder E und G teilnehmen, zwischen welchen sich die auf einer horizontalen, in der Axenrichtung verschiebbaren Welle H sitzende Schraube sowohl drehen als auch mit der Welle axial verschieben kann. Am andern Ende der Welle sitzt eine kleine Rolle K, welche durch die Planscheibe L in der aus den Pfeilen 1 und 3 ersichtlichen Richtung gedreht wird. Die Bewegung der letzteren erfolgt von der konischen Friktionsscheibe A auf die kleine, ebenfalls konische Scheibe O, auf deren Welle der Regulator N und das Rädchen M sitzen, welch letzteres in eine am Umfang der Scheibe L befindliche Verzahnung eingreift. Bei Zunahme der Geschwindigkeit von A und O schlägt der Regulator aus, hebt die Scheibe O und bringt dieselbe ausser Eingriff mit A, worauf die Geschwindigkeit des Regulators rasch wieder abnimmt und der Eingriff wieder hergestellt wird. Während nun

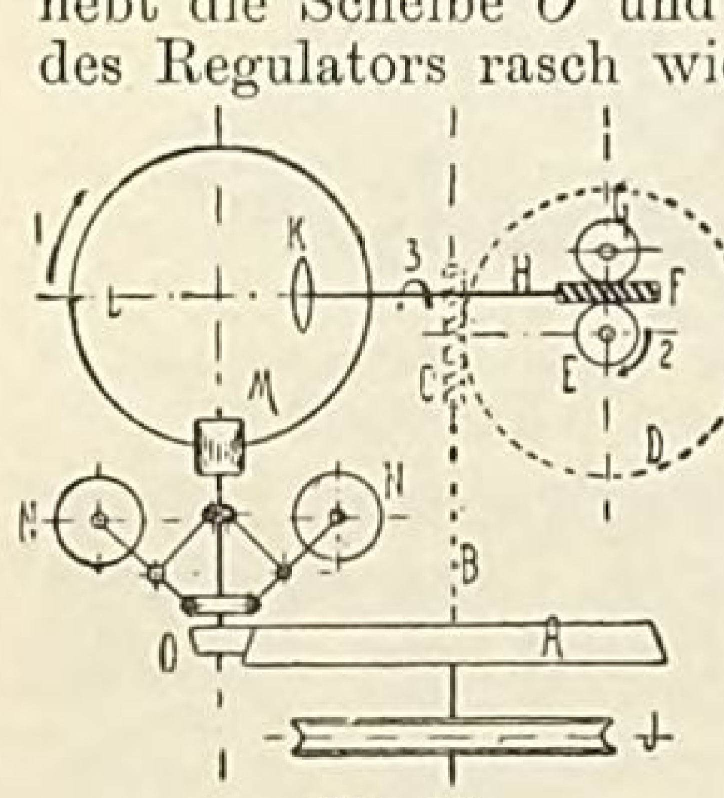


Fig. 18.

eine Drehung von E in der Richtung des Pfeiles 2 die Schraube F nach rechts zu ziehen sucht, schraubt das Rädchen K bei seiner Drehung im Sinne des Pfeiles 3 die Schraube aus den als Mutter wirkenden beiden Schraubenrädern E und G nach links. Einem bestimmten Verhältnis der Umfangsgeschwindigkeit im Sinne der Pfeile 2 und 3 wird demnach ein ganz bestimmter Abstand des Rädchens K vom Mittelpunkt der Scheibe L entsprechen, welcher durch einen, am rechten Ende der Schraube F angebrachten Uebertragungsmechanismus und einen Schreibstift auf einem Registrirapparat, welcher im Gehäuse E (Fig. 15) angebracht ist, markirt wird. Jede Aenderung der Geschwindigkeit des Dynamometers wird demnach eine Veränderung des Abstandes der Rolle K vom Scheibenmittelpunkt und demnach auch eine Richtungsänderung in der Geschwindigkeitskurve zur Folge haben. Da die letztere die Geschwindigkeit im Dynamometer in jedem Moment, der in Fig. 17 abgebildete Registrirapparat dagegen die zugehörige Umfangskraft angibt, so lässt sich aus beiden sowohl die Leistung in jedem Moment des Versuchs als auch die mittlere Leistung während einer bestimmten Zeit mit grosser Genauigkeit berechnen, da die Konstanten des Instruments, sowie die Massstäbe der beiden aufgezeichneten Diagramme bei jedem Instrument bekannt sind.

Litteratur: [1] Grashof, Theoret. Maschinenlehre, Hamburg und Leipzig 1883, Bd. II, S. 830. — [2] Compt. rend. d. l. soc. minerale, 1890, S. 137. — [3] Kovarik, Ueber Dynamometer, Wochenschr. d. österr. Ing.- u. Arch.-Ver. 1891, S. 301, 367. — [4] Kablitz, Ueber die Benützung des Prony'schen Zaumes, Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1893, S. 1327. — [5] Brauer, Ueber Bremsdynamometer und verwandte Kraftmesser, Zeitschr. d. Ver. d. Ing. 1888, S. 60. — [6] Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1881, S. 334. — [7] Engineering, Bd. 4, S. 194; Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1881, S. 329. — [8] Iron Age 1893, S. 1077; American Machinist, 8. März 1894, S. 10. — [9] Rühlmann, Allgem. Maschinenlehre, 2. Aufl., Braunschweig 1876, Bd. 1, S. 230; Civilingr., Bd. 8, 1862, S. 358, und Weissbach-Herrmann, Ing.-Mechanik, Bd. 2, S. 296. — [10] Compt. rend. d. l. soc. de l'industr. 1890, S. 144, Taf. 16. — [11] Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1892, S. 1510. — [12] Rühlmann, Allgem. Maschinenlehre, 2. Aufl., Braunschweig 1876, Bd. 1, S. 232; Grashof, (a. oben u. [1] a. O.), S. 848. — [13] Dynamometer de Rotation d. M. Richard frères, Génie civil 1891/92, Bd. 20, S. 395. — Schröter, M., Messung mechanischer Arbeit in: Kittlers Handbuch der Elektrotechnik, 2. Aufl., Bd. 1, S. 433 ff., Stuttgart 1892. *v. Ihering.*

Dynamometrische Kurbel, s. Zugkraftmesser.

Dysodil, Papierkohle, Blätterkohle, Faulerde, eine Abart der Braunkohle, aus sehr dünnen, lederartigen, biegsamen und leicht trennbaren Blättern von gelber, brauner oder schwarzer Farbe bestehend. Sie setzt sich in erster Linie aus Bitumen, dem Thon und auch Kieselsäure beigemengt sind, zusammen und ist in einigen Vorkommen (Siebengebirg) als ein von Asphalt durchtränkter Polirschiefer oder Tripel aufzufassen. Der Aschengehalt beträgt bis zu 70%. Der Dysodil bildet zuweilen mächtigere Lager in braunkohlenreicheren Tertiärschichten, ist oft reich an organischen Resten und wird teils zur Paraffin- und Gasbereitung, teilweise auch als bituminöser Tripel zum Schleifen und Poliren benützt. *Leppla.*

E

als Abkürzungszeichen bedeutet auf deutschen Reichsmünzen die Münzstätte Dresden, auf österreichischen Karlsburg, auf älteren französischen Tours; auf dem Kompass und in der internationalen Meteorologie = Osten; in der Physik = Elektrizität (positiv $+E$, negativ $-E$); in der Chemie = Erbium; in der Technik = Sekundenmeterkilogramm; bei Preisangaben auf französischen Rechnungen = Entrepôt (noch nicht verzollt). — E.E. oder E.&O.E. auf englischen Rechnungen = Irrtümer (und Auslassungen) vorbehalten: errors (and omissions) excepted.

Eames-Bremse gehört zu den durchgehenden Luftsaugebremsen und ist die Vereinigung einer direkt wirkenden Bremse (beim langsamen Anhalten und zur Regelung der Fahrgeschwindigkeit auf Gefällen) und einer selbstthätigen Bremse (für sehr rasche Bremswirkung). Jede Bremse besitzt ein eigenes Hauptleitungsrohr, doch dient für beide Bremsen der gleiche Bremscylinder. Ein besonderes, die beiden Systeme verbindendes Doppelrückschlagventil schliesst bei Bethätigung der einen Bremse die Hauptleitung der anderen. Die Eames-Bremse hat keine nennenswerte Anwendung gefunden (s. auch Bremsen für Eisenbahnfahrzeuge). *Alfred Birk.*

Eau de Javelle, Eau de Labarraque, ursprünglich Präparate, welche durch Einleiten von Chlor in Pottasche- bezw. Sodalösungen erhalten wurden und wegen ihres Gehaltes an unterchloriger Säure und deren Alkalisalzen als kräftige Bleichmittel Verwendung fanden.

Die erste Bleichflüssigkeit wurde seit 1792 in Javelle bei Paris aus Pottasche dargestellt und als Eeau de Javelle in den Handel gebracht. Das entsprechende Natronpräparat, 1820 von Labarraque angegeben, führte zuerst den Namen Eau de Labarraque und verdrängte alsbald das teurere Kalipräparat. Man stellt die Bleichflüssigkeiten dar durch Einleiten von Chlor in die kalten, 10 prozentigen Lösungen von Aetzkali bezw. Aetznatron oder von Pottasche bezw. Soda. In dem Moment, wo die Lösungen der Karbonate aufbrausen und energisch bleichende Wirkung gegenüber Lakmus zeigen, enthalten sie Chloralkali, Alkalibikarbonat und unterchlorige Säure. Bei weiterem Einleiten von Chlor wird auch das Bikarbonat unter Bildung von Chloralkali, Kohlensäure und unterchloriger Säure zerlegt. Noch einfacher gelangt man zu Lösungen der unterchlorigsauren Alkalien durch Wechselzersetzung von Chlorkalk und Alkalikarbonat. So erhält man eine wesentlich unterchlorigsaures Natron und Chlornatrium enthaltende Lösung dadurch, dass man 20 Teile Chlorkalk (von 28—30%) mit 100 Teilen Wasser anreibt, die Lösung von 25 Teilen kristallisirter Soda in 500 Teilen Wasser hinzusetzt und die Flüssigkeit vom ausgeschiedenen kohlensauren Kalk und Aetzkalk durch Dekantiren oder Filtriren trennt.

Heutzutage dient das einen chlorartigen Geruch besitzende Eau de Javelle noch an Stelle von Chlorkalklösung, vor welcher es den Vorteil hat, keine Niederschläge von Gips oder kohlensaurem Kalk zu bilden, zum Bleichen im Haushalt, sowie in gewissen Fällen in Bleichereien, wo eine vorsichtige Behandlung der Ware besonders geboten ist, z. B. zum Bleichen der Jute. *R. Möhlau.*

Ebbedeich. Mit dem Namen Ebbe-, bezw. Flutdeich bezeichnet man eine Deichstrecke, welche senkrecht zur herrschenden Ebbe bezw. Flutströmung liegt.

Ebbethor, s. Siele.

Ebbe und Flut, die bekannte oszillatorische Bewegung des Meeres, für welche auch der Name Gezeiten oder Tiden üblich ist, und welche bewirkt, dass jeder an der Küste eines freien Meeres gelegene Punkt zweimal täglich Hoch- und Niedrigwasser hat. Ausnahmen kommen vor, wie denn für die chinesische Küste im allgemeinen nur je ein Flut- und Ebbestand zu verzeichnen ist [1]; in Binnenmeeren schwächt sich die Amplitude der Welle beträchtlich ab, und Binnenseen entbehren der Gezeiten so gut wie gänzlich.

Die schon im Altertum auftauchende Ansicht, dass das Anschwellen des Wassers auf die vom Mond — und, wie wir jetzt wissen, in geringerem Masse auch von der Sonne — geübte Anziehung zurückzuführen sei, hat Newton mathematisch begründet [2] und durch die

Arbeiten Airys [3], W. Thomsons [4], Börgens [5] u. a. ist man dahin gelangt, mittelst „harmonischer Analyse" — Entwicklung in trigonometrische Reihen — die Einwirkung jedes einzelnen astronomischen Faktors auf die Wasserhöhe ermitteln und letztere mit grosser Genauigkeit analytisch ausdrücken zu können. Liegen die Mittelpunkte der drei Himmelskörper Erde, Mond, Sonne angenähert in einer geraden Linie, so tritt eine Summirung der Attraktionswirkungen ein, und es entstehen die gefürchteten Sturmfluten, wogegen die schwachen Nippfluten dem Falle entsprechen, in welchem die drei genannten Zentren die Eckpunkte eines im Monde rechtwinkeligen Dreiecks darstellen. Die theoretisch natürlich auch vorhandenen Gezeiten der Atmosphäre beeinflussen lediglich unter den Tropen die Barometerstände in einem wenigstens bemerkbaren Grade [6]. — Die Technik hat der Meereskunde einen wichtigen Dienst geleistet durch die Konstruktion der sogen. Flutautographen (selbstregistrirenden Pegel), welche, indem der an einem Schwimmer in kommunizirender Röhre befestigte Schreibstift an einer rotirenden Trommel hingleitet, den Wasserstand als kontinuirliche Kurve aufzeichnen. Den Bemühungen von Reitz und Seibt dankt man es, dass die deutschen Seeuferstationen grösstenteils mit solchen Apparaten ausgerüstet sind [7].

Der Gedanke, die ungeheure lebendige Kraft der Flutwelle maschinell zu verwerten, ist zwar schon ausgesprochen, aber anscheinend noch niemals verwirklicht worden. Wohl aber hat Stevenson [8] eine Vorrichtung zur Messung der Brandungsenergie angegeben. Sein Wellendynamometer ermöglicht es, den Druck der Woge in vertikalem wie horizontalem Sinne mit ziemlich grosser Schärfe zu bestimmen.

Litteratur: [1] Krümmel, Handbuch der Ozeanographie, Stuttgart 1887, Bd. 2, S. 220 ff. — [2] Newton, Mathematische Prinzipien der Naturlehre, deutsch von Wolfers, Berlin 1872, S. 448 ff. — [3] Airy, Tides and Waves, London 1847. — [4] W. Thomson, Harmonic-Analyzer, Proceed. of the R. Society of London, 1878, S. 371 ff. — [5] Börgen, Annalen der Hydrographie und maritimen Meteorologie, 1885, 1889. — [6] Günther, Der Einfluss der Himmelskörper auf Witterungsverhältnisse, Nürnberg 1884. — [7] Krümmel, a. a. O., S. 164 ff. — [8] Ebd., S. 98 ff.

Günther.

Ebene heisst das Erzeugnis einer Geraden, die immer durch einen Punkt geht und dabei eine Gerade schneidet. Sie teilt den Raum in zwei symmetrische Halbräume, ist unbegrenzt, in sich verschiebbar und umkehrbar; jede Gerade durch zwei Punkte derselben fällt ganz in sie hinein.

Die Gleichung der Ebene ist vom ersten Grad $E = Ax + By + Cz + D = 0$. Mit $D = 0$ geht die Ebene durch den Ursprung, mit $A = 0$, $B = 0$, $C = 0$ ist sie resp. parallel zur x, y, z-Axe. Mit $\begin{Bmatrix} A = 0 \\ D = 0 \end{Bmatrix}$, $\begin{Bmatrix} B = 0 \\ D = 0 \end{Bmatrix}$, $\begin{Bmatrix} C = 0 \\ D = 0 \end{Bmatrix}$ geht sie resp. durch die x, y, z-Axe; mit $\begin{Bmatrix} B = 0 \\ C = 0 \end{Bmatrix}$, $\begin{Bmatrix} C = 0 \\ A = 0 \end{Bmatrix}$, $\begin{Bmatrix} A = 0 \\ B = 0 \end{Bmatrix}$ steht sie resp. senkrecht zur x, y, z-Axe. Eine Ebene ist bestimmt durch drei Punkte a, b, c; a', b', c'; a'', b'', c''; ihre Gleichung ist: $\begin{vmatrix} x & y & z & 1 \\ a & b & c & 1 \\ a' & b' & c' & 1 \\ a'' & b'' & c'' & 1 \end{vmatrix} = 0$ oder in Parameterdarstellung: $x = \frac{a + \lambda a' + \mu a''}{1 + \lambda + \mu}$; $y = \frac{b + \lambda b' + \mu b''}{1 + \lambda + \mu}$; $z = \frac{c + \lambda c' + \mu c''}{1 + \lambda + \mu}$. Die Axenabschnitte der Ebene $E = 0$ sind $\frac{-D}{A}$; $\frac{-D}{B}$; $\frac{-D}{C}$; ihre Koordinaten $\frac{A}{D}, \frac{B}{D}, \frac{C}{D}$ oder homogen $A:B:C:D$. Der Winkel ψ der beiden Ebenen $E = Ax + By + Cz + D = 0$ und $E' = A'x + B'y + C'z + D' = 0$ ist gegeben durch: $\cos\psi = \frac{AA' + BB' + CC'}{W.W'}$, wobei $W = \pm\sqrt{A^2 + B^2 + C^2}$; $W' = \pm\sqrt{A'^2 + B'^2 + C'^2}$. Die Ebenen sind parallel, wenn $A:B:C = A':B':C'$; sie sind auf einander senkrecht, wenn $AA' + BB' + CC' = 0$. Hesse'sche Normalform der Ebenengleichung ist: $x\cos\alpha + y\cos\beta + z\cos\gamma = d$, wo $\cos^2\alpha + \cos^2\beta + \cos^2\gamma = 1$. Dabei ist $d = \frac{-D}{W}$ die Entfernung der Ebene vom Ursprung (das Vorzeichen von W wird so bestimmt, dass d positiv wird); $\cos\alpha = \frac{A}{W}$, $\cos\beta = \frac{B}{W}$, $\cos\gamma = \frac{C}{W}$ sind die drei Richtungscosinus der Ebene, d. h. die Cosinus ihrer Winkel mit der yz-, zx- und xy-Ebene. Abstand des Punktes a, b, c von der Ebene $E = 0$ ist: $\frac{Aa + Bb + Cc + D}{W}$, $\begin{Bmatrix} \text{positiv} \\ \text{negativ} \end{Bmatrix}$, je nachdem der Punkt mit dem Ursprung auf $\begin{Bmatrix} \text{derselben} \\ \text{verschiedener} \end{Bmatrix}$ Seite der Ebene liegt. Abstand zweier parallelen Ebenen $Ax + By + Cz + D = 0$ und $Ax + By + Cz + D' = 0$ ist $\frac{D - D'}{W}$. Medianebenenpaar von $E = 0$ und $E' = 0$ ist $\frac{E}{W} \pm \frac{E'}{W'} = 0$. — Zwei Ebenen $E = 0$ und $E' = 0$ bestimmen eine Gerade $\begin{Bmatrix} E = 0 \\ E' = 0 \end{Bmatrix}$; $E + \lambda E' = 0$ ist irgend eine Ebene durch dieselbe. Ist aber λ ein veränderlicher Parameter, so ist $E + \lambda E' = 0$ der Inbegriff aller Ebenen durch die Gerade, also ein Ebenenbüschel mit der Geraden als Axe. Zwei projektivische Ebenenbüschel $\begin{Bmatrix} E + \lambda E' = 0 \\ F + \lambda F' = 0 \end{Bmatrix}$ erzeugen eine Regelfläche zweiter Ordnung $\begin{vmatrix} E & E' \\ F & F' \end{vmatrix} = 0$, welche

in eine Kegelfläche übergeht, wenn die Axen der Büschel sich schneiden. Drei projektivische Ebenenbüschel $\left.\begin{matrix} E + \lambda E' = 0 \\ F + \lambda F' = 0 \\ G + \lambda G' = 0 \end{matrix}\right\}$ erzeugen eine Raumkurve dritter Ordnung. Drei Ebenen $E = 0$, $E' = 0$, $E'' = 0$ schneiden sich in einem Punkt; $E + \lambda E' + \mu E'' = 0$ stellt eine beliebige Ebene durch den Punkt, oder aber, wenn λ und μ veränderliche Parameter sind, den Inbegriff aller Ebenen durch den Punkt, also ein Ebenenbündel dar. Kann man jedoch λ und μ so bestimmen, dass $E + \lambda E' + \mu E'' = 0$ unabhängig von x, y, z, so gehen $E = 0$, $E' = 0$, $E'' = 0$ durch eine Gerade hindurch. Drei kollineare Ebenenbündel $\left.\begin{matrix} E + \lambda E' + \mu E'' = 0 \\ F + \lambda F' + \mu F'' = 0 \\ G + \lambda G' + \mu G'' = 0 \end{matrix}\right\}$ erzeugen eine Fläche dritter Ordnung $\begin{vmatrix} E\,E'\,E'' \\ F\,F'\,F'' \\ G\,G'\,G'' \end{vmatrix} = 0$. Vier Ebenen $E = 0$, $E' = 0$, $E'' = 0$, $E''' = 0$ schneiden sich in einem Punkt, wenn $\begin{vmatrix} A & B & C & D \\ A' & B' & C' & D' \\ A'' & B'' & C'' & D'' \\ A''' & B''' & C''' & D''' \end{vmatrix} = 0$. Andernfalls kann man die Gleichung jeder beliebigen Ebene auf die Form: $E + \lambda E' + \mu E'' + \nu E'''$ bringen.

Litteratur: [1] Salmon, G., Analytische Geometrie des Raumes, Deutsch von Fiedler, 3. Aufl., Bd. 1, Leipzig 1879, Kap. 3.

Wölffing.

Ebene Bewegung oder Bewegung eines ebenen unveränderlichen Punktsystems in der Ebene. Das bewegliche System sei Σ und A, B, C, ... irgend welche Punkte desselben; Σ_1 (A_1, B_1, C_1, ...) eine erste, Σ_2 (A_2, B_2, C_2, ...) eine zweite Lage desselben in der Ebene ε der Bewegung. Diese beiden Lagen sind kongruente Systeme und haben einen Doppelpunkt, in welchem zwei homologe Punkte P_1, P_2 zusammenfallen. Man findet dieselben, indem man zwei Verbindungssehnen A_1A_2 und B_1B_2 rechtwinkelig halbirt; die Halbirungslinien schneiden sich in ihm. Daher kann Σ aus der Lage Σ_1 in die Lage Σ_2 durch Rotation um den Punkt P, der in dem Doppelpunkte P_1P_2 ruht, übergeführt werden. Sind Σ_1 und Σ_2 unmittelbar auf einander folgende Lagen von Σ, so gehen die Geraden A_1A_2 und B_1B_2 in die Tangenten der Bahnen von A und B und A_1P_1, B_1P_1 in deren Normalen über. Man ersieht hieraus, dass in jedem Momente der Bewegung von Σ in der Ebene ε ein Punkt desselben existirt, um welchen dasselbe eine unendlich kleine Rotation erleidet, um in die unmittelbar folgende Lage zu gelangen. Dieser Punkt ist das der betreffenden Lage entsprechende Momentanzentrum Γ, die unendlich kleine Rotationsamplitude $d\vartheta$, um dasselbe die Elementaramplitude und die unendlich kleine Bewegung selbst die Elementarbewegung des Systems Σ.

Das Momentanzentrum ist der Punkt des beweglichen Systems Σ, der augenblicklich ruht; dasselbe hat in ε eine bestimmte Lage C. Alle Punkte M des Systems beschreiben momentan Bahnelemente, welche als Elemente MM' vom Kreisbogen anzusehen sind (Fig. 1), beschrieben mit den Abständen $M\Gamma$ der Punkte vom Momentanzentrum als Radien. Die Geraden $M\Gamma$ sind daher die Normalen und senkrecht zu ihnen laufen die Tangenten der Bahnen. In jedem Momente der Bewegung laufen die Normalen der Bahnen aller Systempunkte durch das Momentanzentrum. Die kontinuirliche Folge aller, den verschiedenen Lagen von Σ entsprechenden Momentanzentren Γ bildet eine Kurve (Γ), welche dem System angehört; die Lagen C desselben bilden eine andere, der Ebene ε der Bewegung angehörige Kurve (C). Beide Kurven berühren sich im betreffenden Momentanzentrum Γ, C. Die Geschwindigkeit v des Systempunktes M ist $v = \frac{MM'}{dt} = \frac{MC \cdot d\vartheta}{dt} = r\frac{d\vartheta}{dt}$, wenn Γ, C das der Zeit t entsprechende Momentanzentrum und r der Abstand desselben von diesem ist. Die Geschwindigkeit aller Systempunkte im Abstande $r = 1$ ist $\omega = \frac{d\vartheta}{dt}$ und heisst die Winkelgeschwindigkeit um das Momentanzentrum. Demnach ist die Geschwindigkeit $v = r\omega$, also für alle Punkte auf einem mit dem Radius r um das Momentanzentrum beschriebenen Kreise von derselben Grösse; sie ist Null im Momentanzentrum und wächst proportional dem Abstande r von ihm; auf einem durch C gezogenen Strahle hat sie auf entgegengesetzten Seiten entgegengesetzten Sinn.

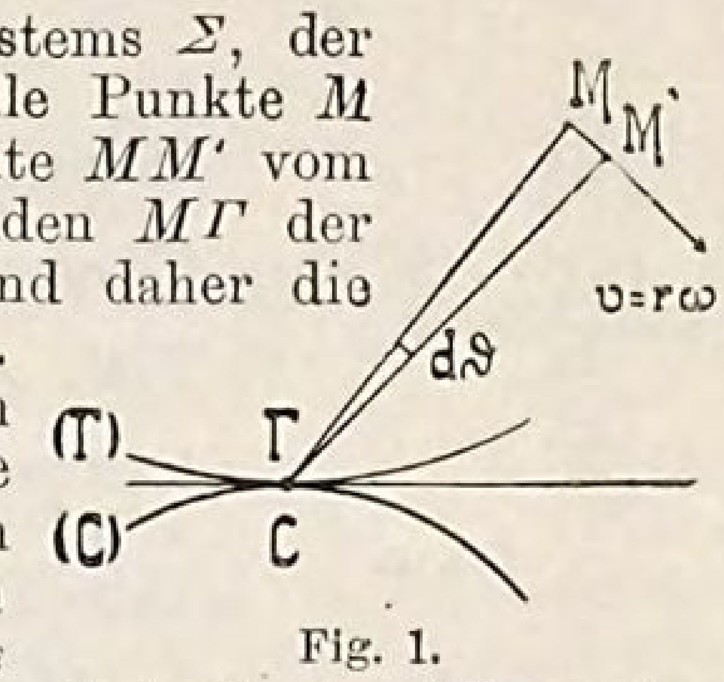


Fig. 1.

Die Geschwindigkeiten der Punkte M einer Geraden des Systems, welche nicht durch das Momentanzentrum hindurchgeht, haben ein Minimum, welches nicht Null ist. Der Fusspunkt M_0 des vom Momentanzentrum auf die Gerade gefällten Perpendikels hat die kleinste Geschwindigkeit, ihre Richtung fällt in die Gerade selbst (Fig. 2). Dieser Punkt heisst der Gleitungspunkt der Geraden und ist der Berührungspunkt derselben mit der Kurve, welche die Gerade während der Bewegung des Systems umhüllt. Es gehen daher auch die Normalen aller von den verschiedenen Geraden des Systems umhüllten Kurven in ihren Berührungs-

punkten mit diesen durch das der Lage des Systems entsprechende Momentanzentrum hindurch. — Zerlegt man die Geschwindigkeiten der Punkte einer Systemgeraden jede in zwei Komponenten, eine von der Richtung der Geraden, die andere senkrecht zu ihr, so ergibt sich, dass die ersteren alle gleich, nämlich gleich der Geschwindigkeit des Gleitungspunktes sind. Die Bewegung der Geraden um das Momentanzentrum kann gespalten werden in eine Translation derselben von ihrer Richtung und in eine Rotation um den Gleitungspunkt. Die Geschwindigkeit der Translation ist die Geschwindigkeit des Gleitungspunktes und die Winkelgeschwindigkeit der Rotation ist die Winkelgeschwindigkeit ω um das Momentanzentrum. Wegen der Relativität des Bewegungsbegriffes ist mit jeder Bewegung des ebenen Systems Σ in der Ebene ε eine andere Bewegung verbunden. Die Ebene ε stellt nämlich selbst ein ebenes System dar, welches in Σ ebenso gut seine Lage ändert, also sich in Σ bewegt, wie Σ in ε. Beide Bewegungen heissen Umkehrungen von einander und diese Duplizität der Bewegung der Dualismus derselben (s. d.). Für die Umkehrung der Bewegung vertauschen die Kurven (Γ) und (C) ihre Rollen. Während bei der einen (Γ) über (C) hinrollt, ohne zu gleiten, rollt bei der andern (C) über (Γ) im umgekehrten Sinne. Die ebene Bewegung ist durch zwei Bedingungen bestimmt. Das bewegliche System Σ ist nämlich aus einer Lage in die nächstfolgende mit allen Punkten übergegangen, sobald dies mit zweien seiner Punkte erfolgt ist. Insbesondere ist daher die Bewegung bestimmt: a. durch zwei Kurven als die Bahnen zweier Systempunkte, b. durch zwei Kurven, welche Umhüllungskurven von zwei Systemgeraden sind, c. durch zwei Kurven, welche von zwei Systemkurven fortwährend berührt werden. Die Umkehrung hiervon liefert noch die Bestimmung: d. durch zwei Kurven, welche durch zwei Punkte hindurchgehen. Von diesen Bestimmungsarten sind zahlreiche Spezialisirungen möglich, indem Kurven in Punkte oder Geraden degeneriren, zwei berührende Kurven in eine doppelt berührende Kurve ausarten etc.

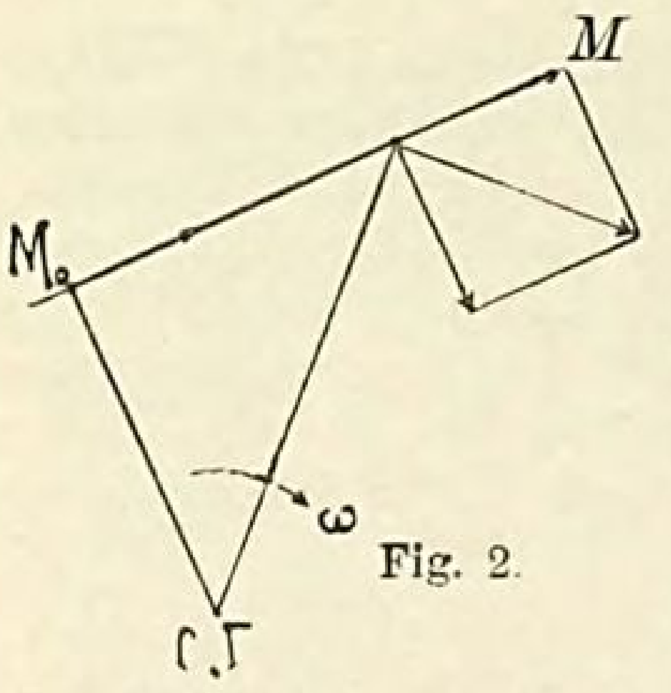


Fig. 2.

Die beiden Orte (Γ), (C) der Momentanzentra sind die einzigen Kurven, welche während der Bewegung auf einander rollen, ohne zu gleiten. Jede andere Systemkurve umhüllt eine Enveloppe, so dass sie auf ihr rollt und gleitet, indem sich der Berührungspunkt auf der gemeinsamen Tangente verschiebt und die Kurve sich um ihn umdreht.

Das Momentanzentrum Γ, C wechselt im allgemeinen in jedem Momente der Bewegung. Ist $d\sigma$ das Bogenelement $\Gamma\Gamma' = CC'$, mit welchem sich die beiden Kurven (Γ) und (C) zur Zeit t berühren (Fig. 3), so heisst $u = \frac{d\sigma}{dt}$ die Wechselgeschwindigkeit des Momentanzentrums, entsprechend dieser Zeit. Sie ist nicht die Geschwindigkeit eines dem System angehörigen Punktes, sondern im gewissen Sinne eine Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Bewegung. Das Verhältnis der Winkelgeschwindigkeit ω und der Wechselgeschwindigkeit u des Systems kann durch die Krümmungen der Kurven (Γ) und (C) dargestellt werden. Fallen nämlich die Krümmungskreise beider Kurven auf entgegengesetzte Seiten der gemeinsamen Tangente und sind $d\varepsilon$, $d\varepsilon'$ die Kontingenzwinkel und $\varrho = \frac{d\sigma}{d\varepsilon}$, $\varrho' = \frac{d\sigma}{d\varepsilon'}$ die Krümmungshalbmesser von (C) und (Γ), so ist $d\vartheta = d\varepsilon + d\varepsilon'$ die Amplitude der Elementarbewegung und

$$\frac{\omega}{u} = \frac{d\vartheta : dt}{d\sigma : dt} = \frac{d\vartheta}{d\sigma} = \frac{1}{\varrho} + \frac{1}{\varrho'};$$

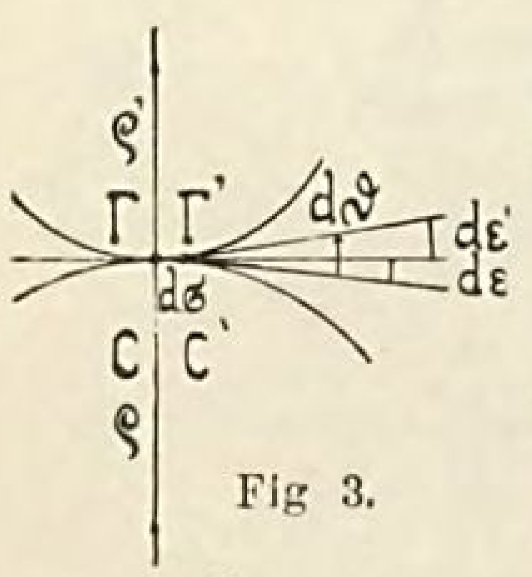


Fig 3.

fallen aber die Krümmungskreise auf dieselbe Seite der gemeinsamen Tangente und ist $\varrho < \varrho'$, so wird $d\vartheta = d\varepsilon - d\varepsilon'$ und $\frac{w}{u} = \frac{1}{\varrho} - \frac{1}{\varrho'}$, im Falle $\varrho > \varrho'$ aber $d\vartheta = d\varepsilon' - d\varepsilon$ und $\frac{\omega}{u} = -\left(\frac{1}{\varrho} - \frac{1}{\varrho'}\right)$. In den beiden letzten Fällen haben die Elementarbewegungen entgegengesetzten Sinn. Wird bei gleichartiger Lage der Krümmungskreise gegen die gemeinschaftliche Tangente $\varrho = \varrho'$, so erfolgt ein momentaner Stillstand der Bewegung, indem $\frac{\omega}{u} = 0$ wird. Man kann leicht alle diese Einzelfälle in eine Formel zusammenfassen, indem man den Krümmungshalbmessern ϱ, ϱ' besondere Vorzeichen gibt, übereinstimmend mit der Lage der Krümmungskreise.

Die Hauptprobleme der ebenen Bewegung sind: 1. die Auffindung des Momentanzentrums Γ, C entsprechend einer gegebenen Lage des Systems; 2. die Bestimmung der Orte (Γ), (C) aller Momentanzentra im System Σ, sowie in der Ebene ε der Bewegung; 3. die Bestimmung der Bahn eines beliebigen Systempunktes; 4. die der Umhüllungskurve einer Systemgeraden. Die Behandlung dieser Aufgaben hängt von den beiden Bedingungen ab, welche die Bewegung definiren und kann synthetisch und analytisch gefordert werden. — Die Bahnen der Systempunkte bilden eine Kurvenschar, deren Individuen kontinuirlich in einander übergehen. Für die Technik ist der Fall besonders wichtig, dass in dieser Schar geradlinige Bahnen vorkommen (Geradführungen).

Durch zwei auf einander folgende Lagen des Systems sind die Richtungen der Tangenten und Normalen der Bahnen der Systempunkte bestimmt und wenn die Geschwindigkeit v irgend eines Systempunkts im Abstande r vom Momentanzentrum gegeben ist, so folgt die Winkel-

geschwindigkeit ω um das Momentanzentrum aus der Gleichung $v = r\,\omega$ und sind dadurch die Geschwindigkeiten aller Punkte bekannt. Die Winkelgeschwindigkeit ω repräsentirt daher den Geschwindigkeitszustand des Systems. Durch drei auf einander folgende Lagen Σ_1, Σ_2, Σ_3 des beweglichen Systems Σ ergibt sich die Krümmung der Bahnen der Systempunkte und mit Hilfe von ω, $\frac{d\,\omega}{d\,t}$ und u der Beschleunigungszustand des Systems. Der Differentialquotient $\frac{d\,\omega}{d\,t} = \omega'$ der Winkelgeschwindigkeit heisst die Winkelbeschleunigung und ein Punkt H auf der Tangente der Kurve C der Momentanzentra im Zentrum C im Abstande $C\,H = \omega\,u : \frac{d\,\omega}{d\,t}$ auf der Seite, nach welcher der Sinn der Wechselgeschwindigkeit u hinweist, gelegen, der Mittelpunkt der Winkelbeschleunigung (Fig. 4). Ein Systempunkt M im Abstand r von C und dem Abstande r' von H besitzt zwei Komponenten der Beschleunigung: eine gleich $\omega^2\,r$ nach C hin gerichtet, und eine zweite $r'\,\omega'$, senkrecht zu r'. Auf dem Kreise, dessen Durchmesser CH ist, gibt es einen Punkt G, dessen Beschleunigungskomponenten sich tilgen und dessen Beschleunigung also Null ist. Er heisst das Beschleunigungszentrum (Fig. 5).

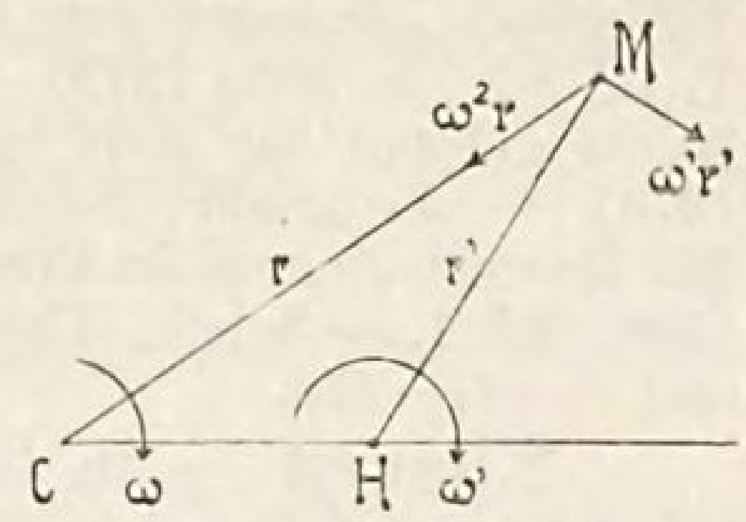


Fig. 4.

Er liegt zugleich auf einem zweiten Kreise vom Durchmesser $C\,J = u : \omega$, welcher die Kurve (C) in C berührt und auf die Seite der Tangente CH fällt, nach welcher die Bewegung des Systems nicht erfolgt. Um das Beschleunigungszentrum G gruppiren sich die Beschleunigungen der Systempunkte symmetrisch. Ist nämlich p der Abstand $M\,G$ eines Punktes M von diesem Zentrum, so kann die Beschleunigung von M in zwei Komponenten zerfällt werden, von denen die eine, $\omega^2 p$, nach G gerichtet ist, während die andere, $p\,\omega'$, senkrecht zu p ist. Die Beschleunigung φ selbst ist daher $\varphi = p\sqrt{\omega^4 + \omega'^2}$ und bildet mit dem Strahle p den Winkel λ, für welchen $\operatorname{tg} \lambda = \omega' : \omega^2$ ist. Demnach sind die Beschleunigungen aller Systempunkte gleich geneigt gegen die Strahlen, welche sie mit dem Beschleunigungszentrum verbinden; sie sind proportional dem Abstande p der Punkte von diesem Zentrum und wechseln den Sinn beim Uebergang von der einen Seite des Strahles p auf die andere. Durch die beiden Zentren C und G, das Momentanzentrum und das Beschleunigungszentrum, ist der momentane Bewegungszustand durch die Winkelgeschwindigkeit ω und die Winkelbeschleunigung ω' vollständig bestimmt.

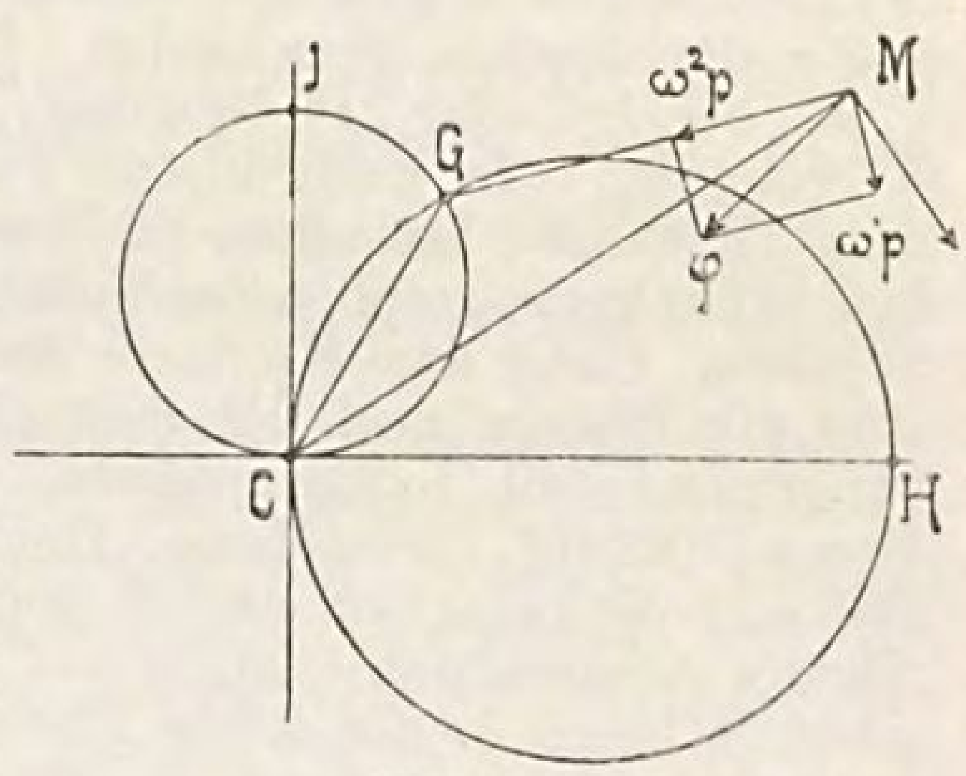


Fig. 5.

Sind wie bisher r und p die Abstände eines Systempunktes M von diesen Zentren, so ist $v = r\,\omega$ die Geschwindigkeit von M senkrecht zu r und die Beschleunigung $\varphi = p\sqrt{\omega^4 + \omega'^2}$ unter dem Winkel λ gegen p geneigt, dessen Tangente $\omega' : \omega^2$ ist.

Die Beschleunigung φ kann zerlegt werden in die Tangentialbeschleunigung $\varphi_t = \frac{d\,v}{d\,t}$ von der Richtung der Tangente der Bahn des Punktes M (Fig. 6) und die Normalkomponente $\varphi_n = v^2 : \varrho$ von der Richtung der Bahnnormalen, wenn ϱ den Krümmungshalbmesser der Bahn bedeutet. Für die Punkte des Kreises über $C\,H$ als Durchmesser ist $\varphi_t = 0$; für die Punkte des Kreises über $C\,J$ als Durchmesser $\varphi_n = 0$. Sind D, E die Schnittpunkte von r mit diesen Kreisen und $C\,D = r_0$, $C\,E = r_1$, so kann man φ_t und φ_n unter der Form $\varphi_t = \omega'\,(r - r_0)$, $\varphi_n = \omega^2\,(r - r_1)$ darstellen. Auf diesen Kreisen wechseln die Tangential- und Normalkomponente der Beschleunigung den Sinn. Diese beiden, von Bresse zuerst bemerkten Kreise führen die Namen des Tangentialkreises und des Wendekreises. Der erstere ist der Ort aller Punkte des Systems, deren Geschwindigkeit momentan stationär ist $\left(\frac{d\,v}{d\,t} = 0\right)$, der letztere der Ort der Punkte, welche momentan die Stellen ihrer Bahn, in welchen der Krümmungshalbmesser $\varrho = \infty$ wird, die also im allgemeinen Wendepunkte sind, passiren $\left(\frac{v^2}{\varrho} = 0\right)$.

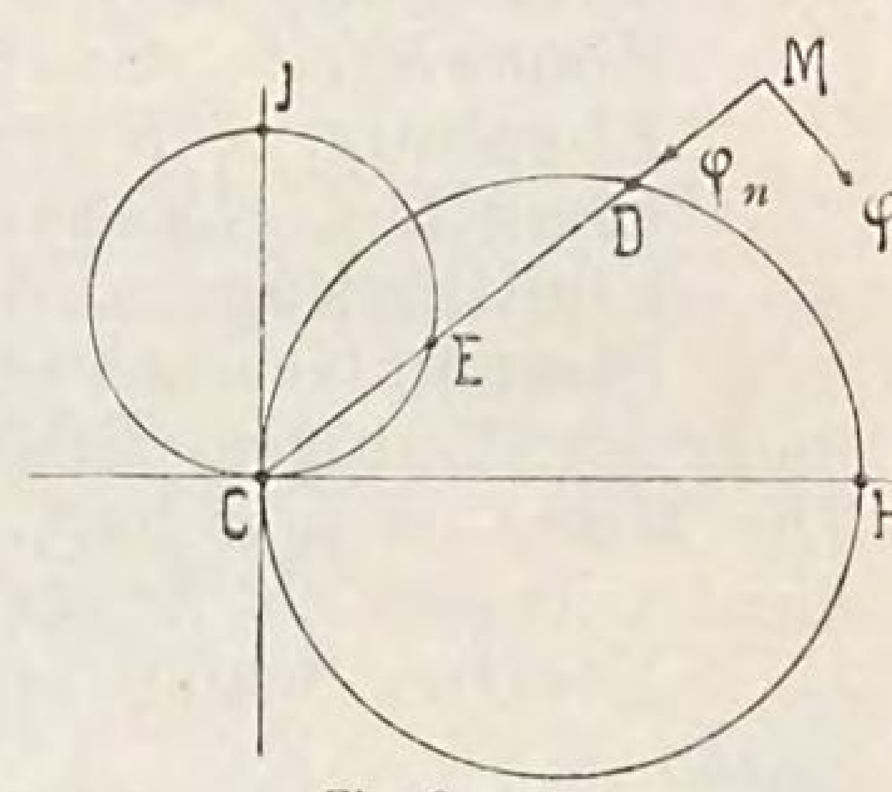


Fig. 6.

Mit Hilfe des Wendekreises ergeben sich die Krümmungshalbmesser ϱ der Bahnen aller Systempunkte M. Die Verbindungslinie MC des Punktes M mit dem Momentanzentrum enthält als die Normale der Bahn in M den Krümmungsmittelpunkt K (Fig. 7), und es ist $ME, \varrho = r^2$, wenn $MC = r$, $MK = \varrho$. Dies führt leicht zu folgender Konstruktion von K. Man verbinde M mit J (dem Wendepol) und errichte im Momentanzentrum C auf der Normalen MC eine Senkrechte; durch den Schnittpunkt L derselben mit MJ ziehe man eine Gerade parallel CJ; sie schneidet die Normale im Krümmungsmittelpunkte K.

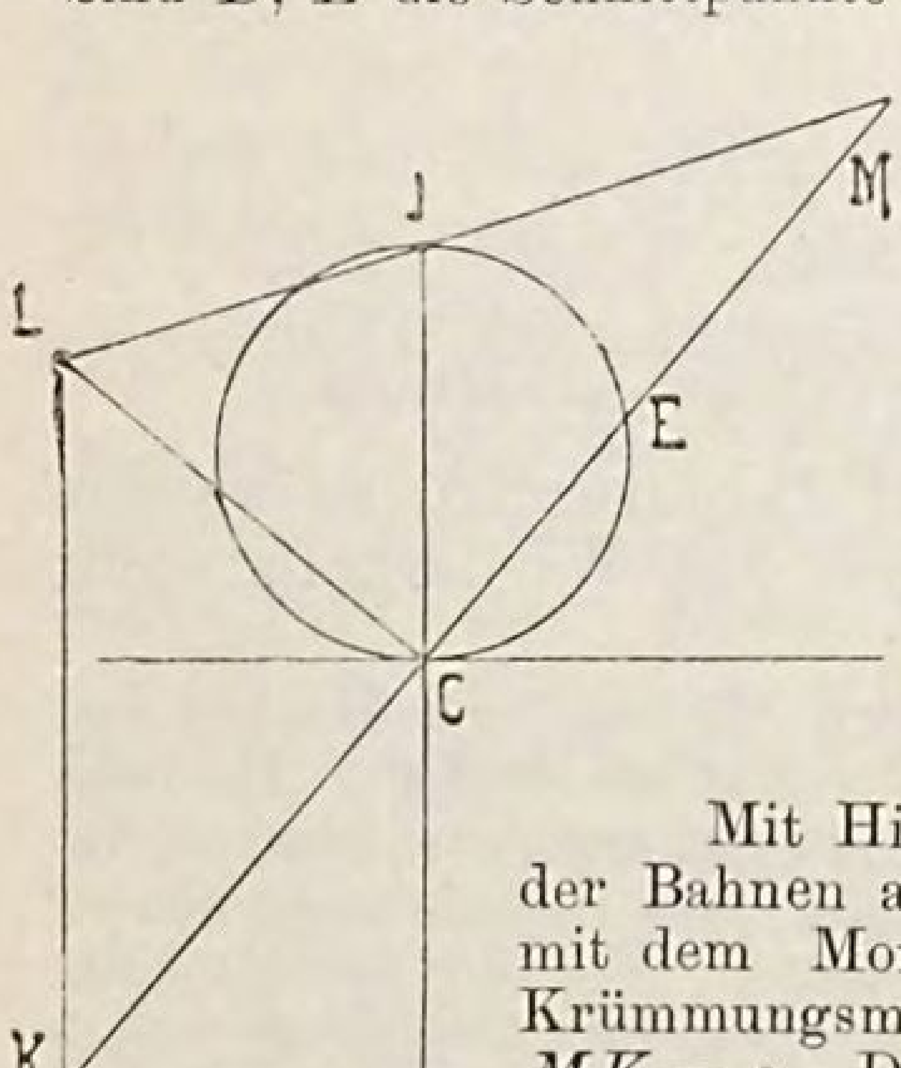


Fig. 7.

Litteratur: Chasles, Propriétés géométriques relatives au mouvement infiniment petit d'un corps solide dans l'espace (Comptes rendus de l'Acad. des sciences de Paris, T. XVI, S. 1420—1432, année 1843). — Propriétés relatives au déplacement fini quelconque, dans l'espace, d'une figure de forme invariable (Comptes rendus, T. LI, LII, 1860 und 1861). — Théorèmes généraux sur le déplacement d'une figure plane dans son plan (Comptes rendus, T. LXXX, S. 346, 1875). — Théorèmes relatives au déplacement d'une figure plane dont deux points glissent sur deux courbes d'ordre et de classe quelconque (Comptes rendus, T. LXXXII, 1876). — Aronhold, Kinematische Mitteilungen (Verhandlungen des Vereins zur Beförderung des Gewerbefleisses in Preussen, Berlin 1872). — Burmester, Lehrbuch der Kinematik, Leipzig 1888, Bd. 1. — Schell, Theorie der Bewegung und der Kräfte, Leipzig 1879, Bd. 1, S. 218—245 und S. 441—474. *Schell.*

Ebenen — in topographischem Sinn — nennt man annähernd horizontale Oberflächenteile der Erde, während geneigte Flächenteile (schiefe Ebenen) Abdachung, Gehänge, Hang, Böschung u. s. w. (vergl. Berg und Böschung) genannt werden.

In topographischen Karten werden nach dem Prinzip der Bergzeichnung annähernd horizontale Flächen (Ebenen) weiss, d. h. ohne Bergzeichnung, dargestellt; die Grenze, bis zu welcher schwach geneigte Flächen noch als horizontale behandelt werden, ist nach dem Massstabe der Karten verschieden; bei topographischen Spezialkarten (Massstab 1 : 25000), z. B. etwa bis 1⁰ oder 2⁰ Neigung, bei generellen Karten (1 : 80000 oder 1 : 100000) etwa bis 5⁰ Neigung. Je nach ihrem Vorkommen im Hoch- oder Tiefland unterscheidet man Hoch- oder Tiefebene; besonders in Betracht kommen hierbei der geologische Aufbau und die dadurch bedingten hydrographischen Verhältnisse, die für die Charakterisirung das wesentlichste Moment abgeben. Unter dem Einflusse der klimatischen, hydrographischen und geologischen Verhältnisse sind die Ebenen nach Beschaffenheit, Bodenbedeckung oder Kultur sehr verschieden und dem entsprechend in topographischen Karten darzustellen (z. B. Ackerland, Sand, Wüste, Moor, Bruch, Sumpf, Grasebene, Heide u. s. w.). — In militärischer Hinsicht kommt besonders in Betracht Gangbarkeit und Uebersichtlichkeit der Ebenen; daher ist in militär-topographischen Karten (Generalstabskarten) auf diese Momente besondere Rücksicht zu nehmen. Man unterscheidet hier: 1. die offene Ebene (freie Aussicht, freie Bewegung, keine Deckung für Aufstellung und Bewegung); 2. offene, durchschnittene Ebene (freie Aussicht, Bewegung durch Hindernisse, wie Gräben, Bäche, oder durch die Bodenbeschaffenheit, wie Sumpf etc., gehindert); 3. bedeckte Ebene (durch die Bodenbedeckung, s. d., wie Wald, Busch, Anpflanzungen, Ortschaften etc. Aussicht und Bewegung behindert); 4. bedeckte und durchschnittene Ebenen (Hindernisse für Aussicht und Bewegung nach 2. und 3.). *Reinhertz.*

Ebenenbüschel, s. Ebene.

Ebenhöhe, s. Sinkwerksbau.

Ebenholz, s. Nutzhölzer.

Ebonit, s. Kautschuk.

Ebullioskop, s. Alkoholometrie.

Eburin, Gemisch aus Knochenpulver und Eiweiss oder Blut, das in Formen unter gleichzeitigem Erhitzen einem sehr starken Druck ausgesetzt worden ist. Die Masse ist sehr hart, lässt sich auf der Drehbank bearbeiten, poliren und dient teilweise als Ersatz für Elfenbein.

Ecaille, Schildkrötenschale zum Einlegen von Galanterie- und Bijouteriewaren.

Ecaillemalerei, Nachahmung von Schuppen auf Porzellan.

Ecarlate, s. Zinnober.

Ecartementsteilung, s. Flachsspinnerei.

Echappement, s. v. w. Hemmung oder Gang; s. Uhren.

Echappé-Oel, s. Anilinschwarz, Bd. 1, S. 336.

Echinus, das Hauptglied des dorischen Säulenkapitäles; s. Dorische Bauweise, Bd. 3, S. 365, Fig. 1, und Abakus, Bd. 1, S. 13.

Echo (Widerhall) heisst der durch Reflexion der Schallwellen zu seinem Ausgangspunkt zurückgeworfene Schall, wenn die Zeit der Wiederkehr mehr als etwa $^1/_4$ Sekunde beträgt.

Die Reflexion der Schallwellen erfolgt nicht bloss an glatten Flächen, wie Mauern und Saalwänden, sondern auch an Felsen, Berghängen, Waldrändern, selbst an Wolken. Da beim Sprechen auf die Sekunde etwa vier Silben kommen und die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Schalls etwa 336 m beträgt, so kann eine Wand, deren Entfernung vom Sprechenden kleiner als etwa 40 m ist nur einen Nachhall, kein eigentliches Echo erzeugen. Bei Entfernungen der reflektirenden Wand von 80, 120, 160 u. s. w. Meter kann das Echo zwei-, drei-, viersilbige u. s. w. Wörter wiedergeben. Vielfache Echos können entstehen, wenn mehrere reflektirende Flächen vorhanden sind; schon zwei gegenüberstehende Wände können durch wiederholtes Hin- und Herwerfen des Schalls ein vielfaches Echo, bezw. einen langgezogenen Nachhall erzeugen. Auf dem Rheine beim Loreleyfelsen findet sich eine Stelle, wo ein gelöster Kanonenschuss eine gegen

zwanzigmalige Wiederholung wechselnder Stärke erfährt. Aehnlich der Entstehung von Brennlinien und Brennpunkten in der Optik entstehen unter günstigen Umständen an regelmässig gekrümmten Flächen, z. B. den Echogewölben, Erscheinungen des örtlich bedeutend verstärkten Widerhalls. *Aug. Schmidt.*

Echtblau, s. v. w. Methylenblau; s. Farbstoffe, künstliche organische.

Echtbraun, s. Farbstoffe, künstliche organische.

Echtgelb, gelber Azofarbstoff, erhalten durch Einwirkung rauchender Schwefelsäure auf salzsaures Amidoazobenzol (vergl. Farbstoffe, künstliche organische); dient zur Darstellung von Diazofarbstoffen und zum Färben von Wolle.

Echtgrün, Bezeichnung für Malachitgrün, ferner für das Natronsalz der Tetramethyldibenzylpseudorosanilindisulfosäure; s. Farbstoffe, künstliche organische.

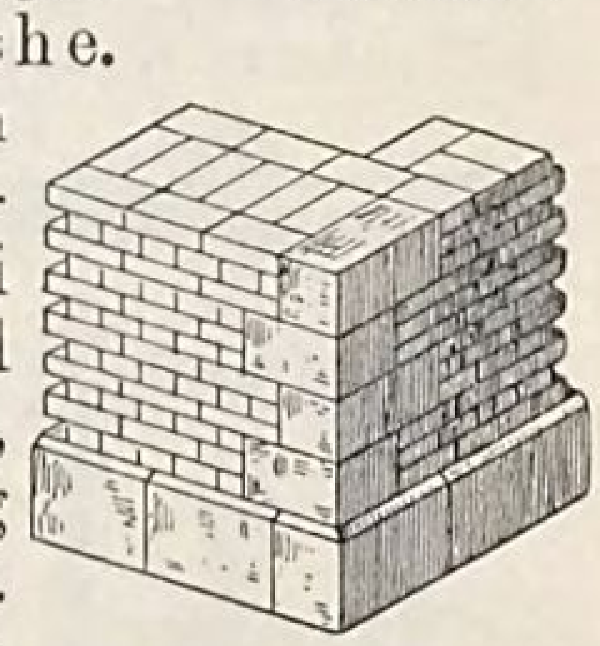
Echtponceau (Biebricher Scharlach, Azobenzolrot), s. Farbstoffe, künstliche organische.

Echtrot, -scharlach, s. Farbstoffe, künstliche organische.

Echtschwarz, teils schwarze Farbstoffe, welche der Gespinnstfaser eine ebensolche widerstandsfähige Färbung zu erteilen vermögen, teils solche schwarze Färbungen, welche nach der jeweiligen Verwendung der Gespinnstfaser, auf der sie hervorgerufen sind, den in Betracht kommenden Einwirkungen gegenüber sich als dauerhaft erweisen.

Unter den Farbstoffen sind zu nennen das durch Einwirkung von Nitrosodimethylanilin auf Metaoxydiphenylamin entstehende Echtschwarz von A. Leonhardt & Cie., Mühlheim (Hessen), welches auf mit gerbsaurem Eisen vorgebeizter Baumwolle rein schwarze, ziemlich licht-, seifen-, säure- und alkaliechte Färbungen gibt, und das Echtschwarz *B* und *BS* in Teig der Badischen Anilin- und Sodafabrik, Ludwigshafen, welches durch Einwirkung von Schwefelnatrium auf $\alpha_1 \alpha_4$-Dinitronaphthalin entstehend, die Baumwolle im alkalischen Bade seifen-, säure-, schwefel-, licht- und reibecht schwarz färbt. — Echtschwarze Baumwollfärbungen sind ferner erzielbar mittelst des Anilinschwarz (s. d.) und durch Auffärben von Diaminschwarz *RO*, *BO* und *BH*, Diamintiefschwarz *SS* und Diaminogen *B* von L. Cassella & Cie., Frankfurt a. M., darauf folgendes Diazotiren und Entwickeln mit Diamin (Metatoluylendiamin). — Echtschwarze Wollfärbungen werden erhalten mit dem Alizarinschwarz *SW*, *SRW*, *WR* in Teig und Pulver der Badischen Anilin- und Sodafabrik, des Diamantschwarz und Jetschwarz *R* der Farbenfabriken vorm. Fr. Bayer & Cie., Elberfeld, und des Anthracitschwarz von L. Cassella & Cie. — Echtschwarze Seidenfärbungen lassen sich mit Alizarinschwarz *SW* und *WR* in Teig der Badischen Anilin- und Sodafabrik unter nuancirender Mitwirkung gewisser anderer Beizenfarbstoffe wie Alizarinblau *S*, Galloflavin, Carbazolgelb, Diamantgelb, Cörulein auf Chrombeize oder Eisenbeize herstellen. Die so gewonnenen Töne sind hinsichtlich Licht-, Seifen- und Säureechtheit dem durch Uebereinanderlagerung von gerbsaurem Eisen, Berlinerblau, Japonsäure und Hämateïneisenoxyd erzeugten Blauholzschwarz überlegen. *R. Möhlau.*

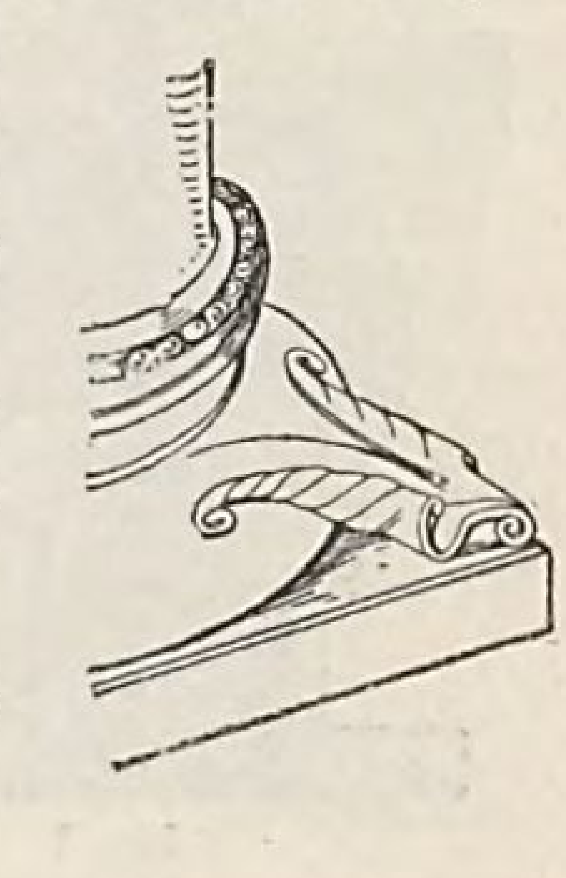
Echtviolett, s. Farbstoffe, künstliche organische.



Eckarmirung bezeichnet die Verwendung relativ besseren Materials für die Eckbildung von Mauern aus Bruch- oder Backsteinen. Bei ersteren werden vielfach Backsteinblöcke, bei letzteren Werksteine (s. Fig.) verwendet, welche, abwechselnd in die eine und in die andere Mauerflucht tiefer eingreifend, durch die sich dabei bildende Verzahnung eine Befestigung und Verbindung der beiden Mauerteile an der Ecke bewirken. *von Willmann.*

Eckband, s. Eckwinkel.

Eckblatt, kommt insbesondere am Säulenfuss der romanischen Bauweise vor und bildet eine Ausfüllung der vier Ecken der rechtwinkeligen Platte dort, wo die darauf lagernde Wulst eine dreieckige kleine Fläche unbedeckt lässt. Diese Ausfüllung nimmt verschiedene Gestalten an [1]; oft ist es ein Klötzchen oder ein Knollen, oft ein Blatt (s. Fig.), in einzelnen Fällen sogar ein Tier- oder Menschenkopf oder kleine menschliche Figuren.



Litteratur: [1] Fr. Sales Meyer, Handbuch der Ornamentik, Leipzig 1888, Tafel 124. *von Schubert-Soldern.*

Ecke, s. Stereometrie.

Eckenrundstossmaschine, s. Stossmaschine.

Eckfenster, ein Fenster zunächst der Ecke eines Gebäudes oder an der abgeschrägten Ecke eines solchen.

Eckfirst, die Gratlinie eines Walmdaches.

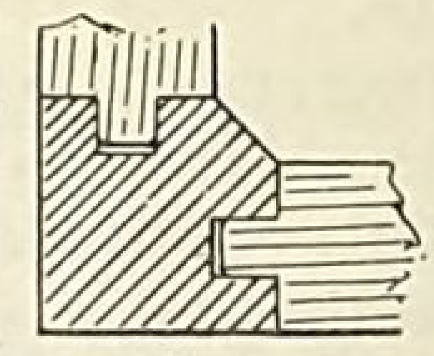
Eckholz, ein Bauholz mit behauenen Kanten (s. Kantholz).

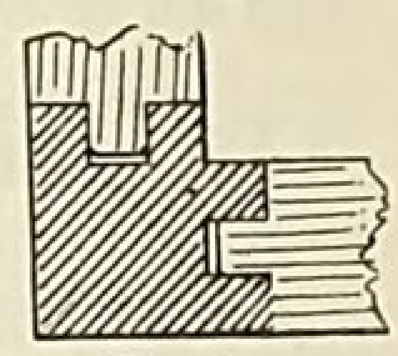
Eckkamm, eine der Verbindungen zweier einen rechten oder hiervon wenig abweichenden Winkel bildenden horizontalen Hölzer (vergl. Aufkämmen und Balkenauflager).

Eckpfeiler (Angularpfeiler), Pfeiler, welcher die Ecke eines Hauses bildet, entweder a. als glatter Wandpfeiler, welcher sich nach zwei Richtungen erstreckt, b. als stärker vortretender, auch in der Richtung der Diagonale gestellter Strebepfeiler.

Eckpfosten, vertikale Holzbalken, in der durch zwei zusammenstossende Bundwände (Fachwerk- oder Riegelwände) gebildeten Kante oder Ecke liegend.

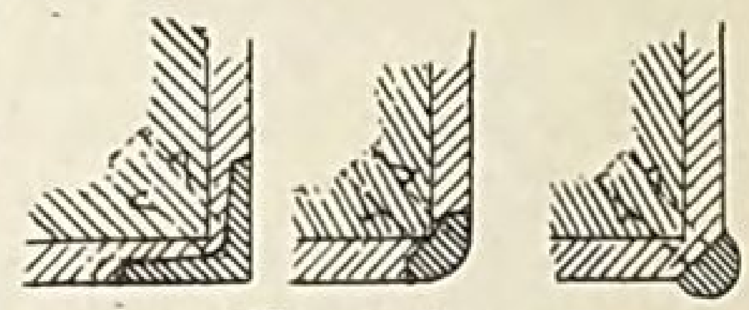
Ecksäule, Säule oder Stütze an der Ecke eines Gebäudes und zwar 1. aus Stein, entweder freistehend oder einen Teil der Ecke bildend ($^3/_4$-Säule) oder in einen Winkel eingestellt; 2. aus Holz, auch Eckpfosten, Eckständer, Eckstiel genannt, Pfosten an der Ecke zweier Fachwerkwände, meist stärker als die übrigen Wandpfosten, besonders um durch die vermehrte Anzahl von Zapfenlöchern nicht zu sehr geschwächt zu werden (s. Fig. 1 u. 2).


Fig 1.


Fig. 2.

Eckschaft, der Mauerpfeiler zwischen der Ecke eines Gebäudes und dem nächsten Fenster; er sollte der Festigkeit der Stockmauern wegen stärker, d. h. breiter als die übrigen Fensterpfeiler gemacht werden.

Eckschiene, eiserne Schiene, welche, der Länge nach im Winkel abgebogen, zur Bekleidung und zum Schutze von Mauer- oder Wandecken dient; auch eine Schiene von rundem Querschnitt kann dienlich sein (s. Fig. 1—3).

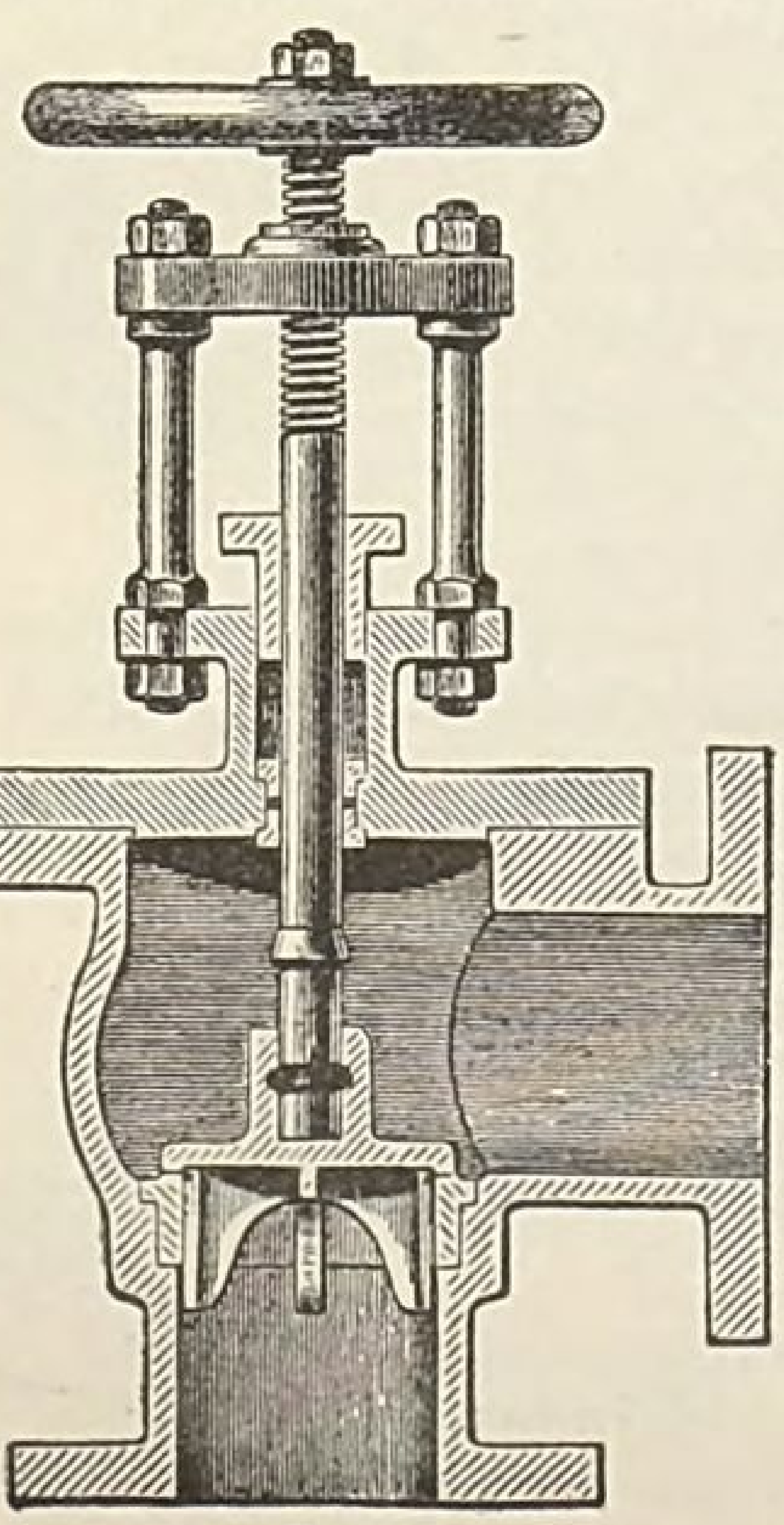

Fig. 1—3.

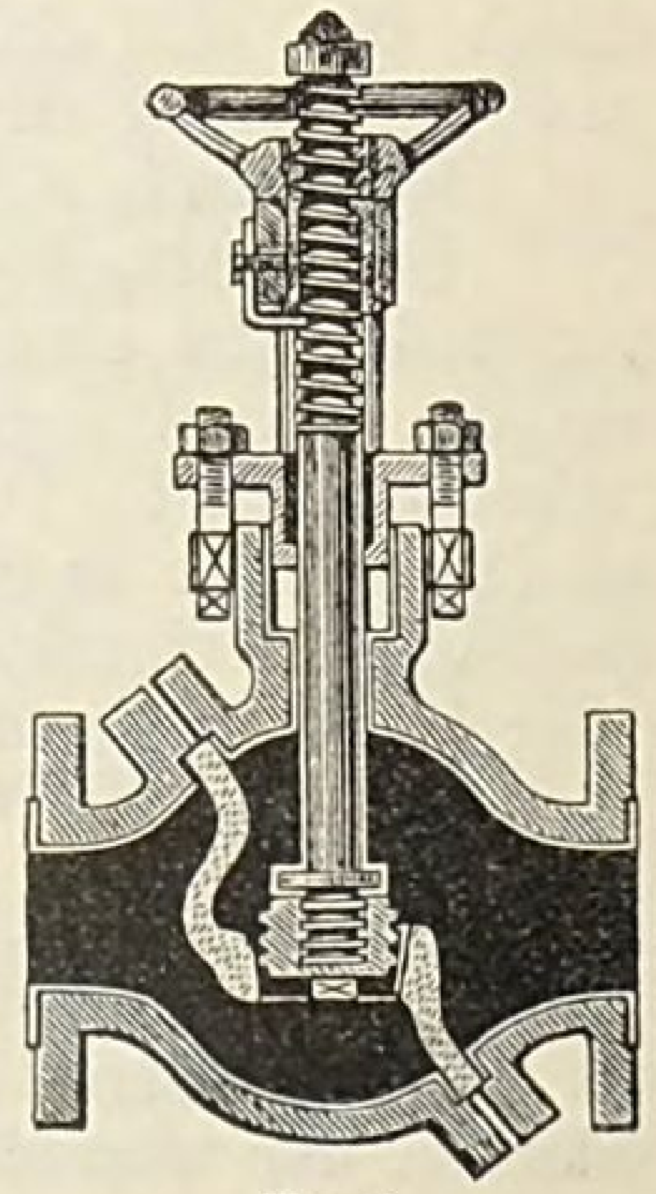
Eckstab, ein der Kante eines Gegenstandes folgendes Profil, meist abgeschrägt oder abgerundet, um die scharfe Ecke zu brechen.

Eckstein, 1. ein die Ecke des Mauerwerks bildender Stein, meist grösser und besser bearbeitet als die übrigen Steine des Gemäuers (s. Eckverstärkung); 2. Abweisstein, schräg vor die Ecke des Gebäudes gesetzt.

Eckstück, Eckverzierung an Decken und Wänden zur Aufnahme oder als Ausgangspunkt von Linienverzierungen in Malerei, Stukkatur oder Tapezirung.

Eckventil, ein Absperrventil, bei welchem Eingangs- und Ausgangsstutzen im rechten Winkel zu einander stehen (Fig. 1). Es ersetzt nebenbei einen Krümmer in der Rohrleitung. Die Spindel mit Handrad zum Niederschrauben des Ventiltellers liegt in der Verlängerung der Einströmungsrichtung. — Das Ventil Fig. 2 lässt sich als Durchgangsventil oder Eckventil brauchen, da das kugelförmige Gehäuse durch eine schräge Fuge mit Flantschverschraubung so geteilt ist, dass der Eingangsstutzen gegen den Ausgangsstutzen zwischen 90 und 180° verstellt werden kann. Die Zwischenplatte mit dem Ventilsitz könnte eben sein, wenn die Spindel senkrecht zur Teilfuge des Gehäuses, also unter 45° zum Ausgang angeordnet wäre. — Nach seiner inneren Einrichtung ist Fig. 2 das sogen. Kellner-Ventil der Frankenthaler Maschinenfabrik; es ist für unreine oder ätzende Flüssigkeiten geeignet und innen verbleit. Dasselbe dichtet mit einem gerillten Hartbleistöpsel in konischem Sitz. *Lindner.*


Fig. 1


Fig. 2.

Eckverband. Für Eckverbände gilt die allgemeine Regel, dass man jedesmal die Läuferschicht (s. d.) der einen der beiden zusammenstossenden Mauern, welcher eine Binderschicht (s. d.) der andern entsprechen muss, bis zur Flucht der andern Mauer durchgehen lässt und dieselbe so abschliesst, wie es die senkrechte Endigung derselben erfordert. Bei Backsteinmauern werden also als jedesmalige Endigung der Läuferschicht so viel Dreiquartiere (s. d.) neben einander zu legen sein als die Mauer Steinbreiten zur Dicke hat. In Fig. 1 genügen Sch. I und II für den Blockverband, während zur Bildung des Kreuzverbandes noch Sch. III und IV erforderlich sind. — Nur bei der Ecke von $^1/_2$ Stein starken Mauern sind Dreiquartiere unnötig, da die Schichten durch ganze Steine im Schornsteinverband (s. d.) abgeschlossen werden (s. Fig. 2). Bei spitz- und stumpfwinkeligen Ecken gestaltet sich der Verband ganz ähnlich; nur wird man bei stumpfwinkeligen Ecken vom inneren Winkel aus in den Schichten abwechselnd die eine Senkrechte zur Mauerflucht als durchlaufende Stossfuge annehmen und dem entsprechend die Stossfuge der nächsten Schicht um $^1/_4$ Stein verschieben (s. Fig. 3 und 3a). Bei der spitzwinkeligen Ecke lässt man jedesmal die äussere Läuferreihe der Läuferschicht bis zur Ecke fortlaufen, wobei gleichzeitig die Verlängerung der hinteren Flucht der andern Mauer als durchgehende Stossfuge bis zu der erwähnten Läuferreihe auftritt (s. Fig. 4). Die hierbei entstehenden spitzwinkeligen Stücke sind nicht zu vermeiden, fallen jedoch ins Innere der Mauer und sind daher von geringerer Bedeutung. Sollen bei stumpfwinkeligen Ecken an beiden Mauerfluchten die gleichartigen Schichten in gleicher Höhe liegen, so werden vom inneren Winkel in der einen Schicht die Stossfugen gleichzeitig nach beiden Mauerfluchten normal gezogen, während die Stossfugen der nächsten Schicht um $^1/_4$ Stein verschoben sind (s. Fig. 5). Bei abgestumpften spitzwinkeligen Ecken werden in gleicher Weise in den beiden Mauern gleichzeitig Läufer- oder Binderschichten durchgeführt, während an der abgestumpften Seite die entsprechend andere Schicht erscheint (s. Fig. 6). Für Mauern aus Quadern gelten dieselben Regeln, nur ist man hier in der Form der Steine weniger gebunden und kann für die Ecken grössere Quader oder auch verkröpfte Steine verwenden (s. Fig. 7), obgleich die letzteren weniger zu empfehlen sind, da sie einen Materialverlust bedingen, weshalb besser nach Fig. 8 eingeteilt wird. Für spitz- und stumpfwinkelige Ecken ist es bei Hausteinmauerwerk jedenfalls angezeigt, grössere Eckquader anzubringen (s. Fig. 9). — Litteratur s. unter Backsteinverband. *L. von Willmann.*

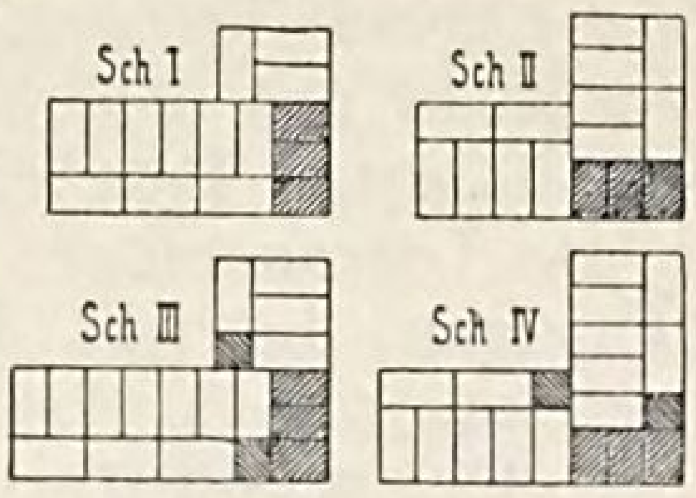


Fig. 1.

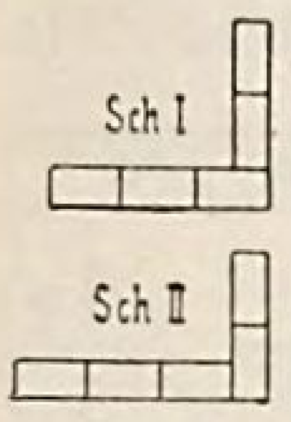


Fig. 2.

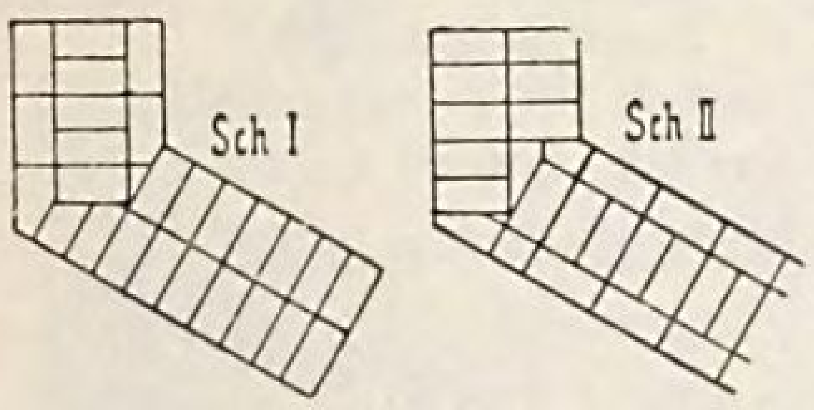


Fig. 3 a.

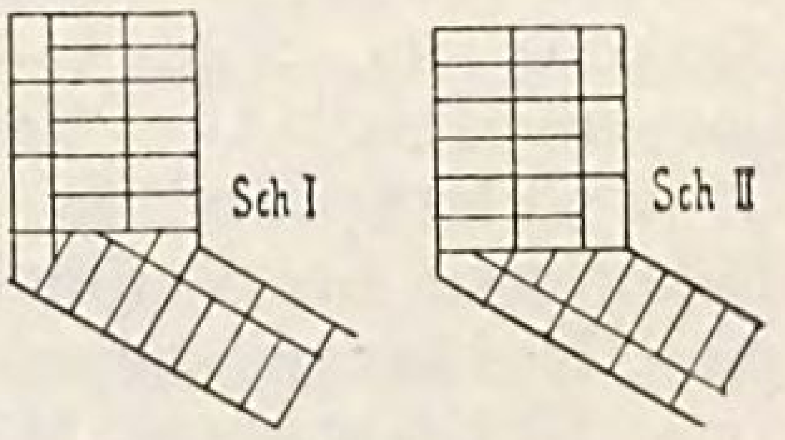


Fig. 3.

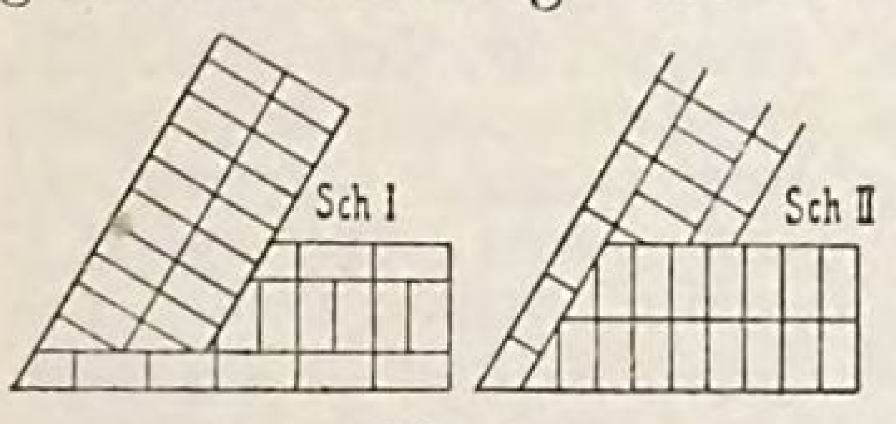


Fig. 4.

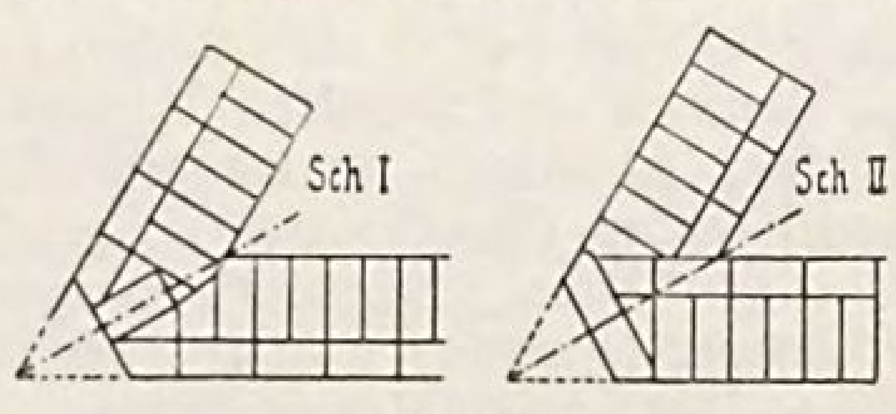


Fig. 6.

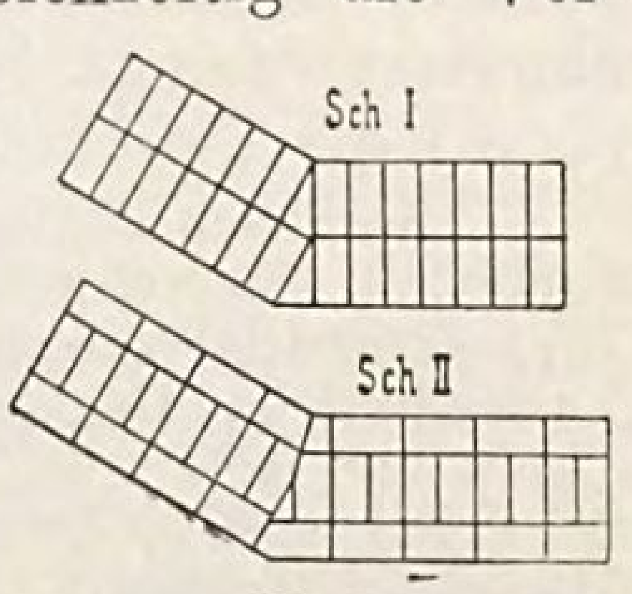
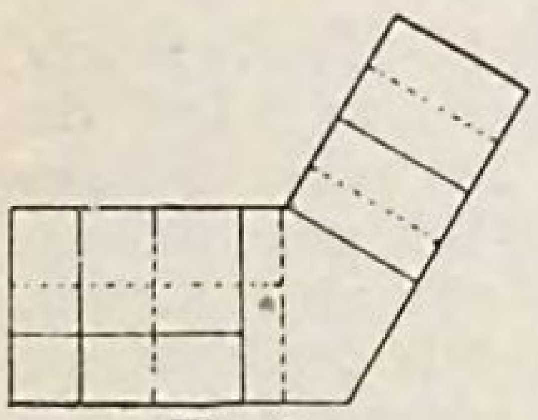
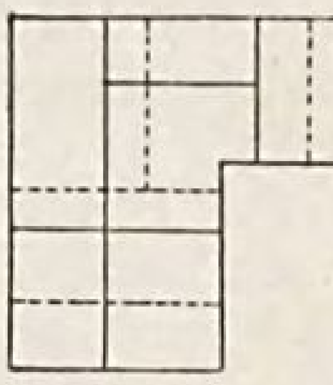
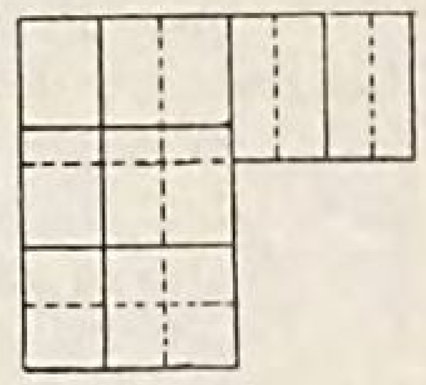


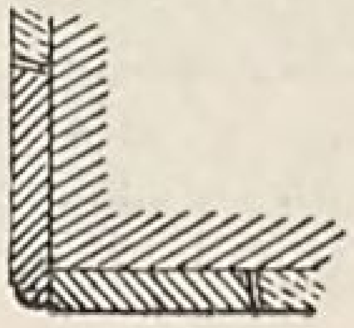
Fig. 5.


Fig. 9.


Fig. 7.


Fig. 8.

Eckverkleidung, Verkleidung von Wandecken zum Schutze gegen Abstossen des Putzes. Die einfachen, in Holz ausgeführten (s. Fig.) haben den Nachteil, dass dieses schwindet und sich eine Fuge bildet; besser ist daher Schutz in Eisen (s. Eckschiene).



Eckverstärkung, 1. Vorsprung des Mauerwerks an der Ecke, welcher, in konstruktiver oder ästhetischer Hinsicht bedingt, durch grössere oder geringere Ausladung gebildet wird. Dieselben erscheinen als Eckpfeiler (s. d.), Strebepfeiler (s. d.), Quaderkette oder als Pilaster, Lesene (s. Laschene), welche alle in innigstem Verbande mit dem Mauerwerk stehen und aus besonders haltbaren Steinen in sorgfältigster Bearbeitung zu erstellen sind. 2. Bei Umrahmungen von Thür- oder Fensteröffnungen, bewirkt durch Verkröpfung (Umbrechung); s. d. Art. Ohr. *Weinbrenner.*

Eckwandpfeiler, im Sinne von Stirnpfeiler, s. Ante.

Eckwinkel (Eckband), 1. Scheinhaken (Fensterwinkel), dünnes Beschläge zur Sicherung der Eckverzapfungen von Fensterrahmen, Läden u. dergl. gegen Einschlagen oder Senkung (s. Fig. 1—3); 2. ein im Winkel abgebogenes Band zur Verstärkung einer Holzverbindung.

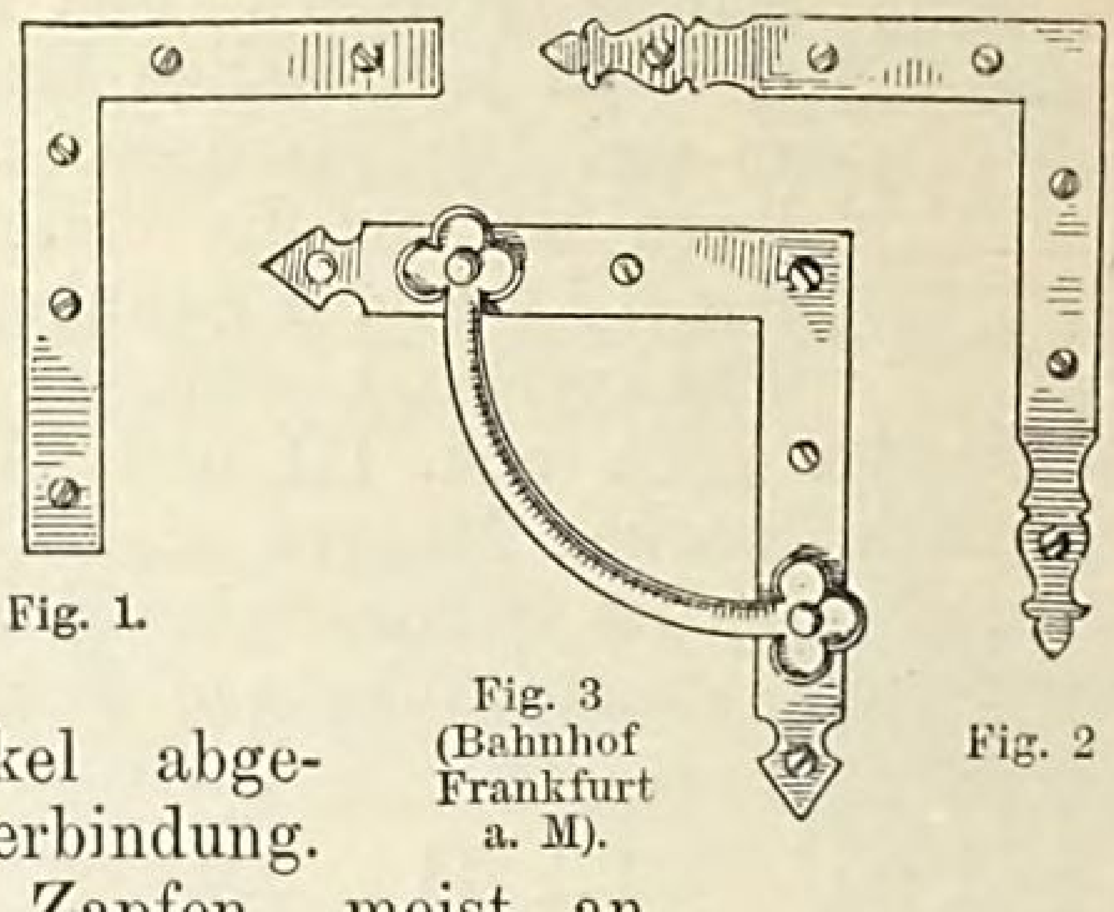
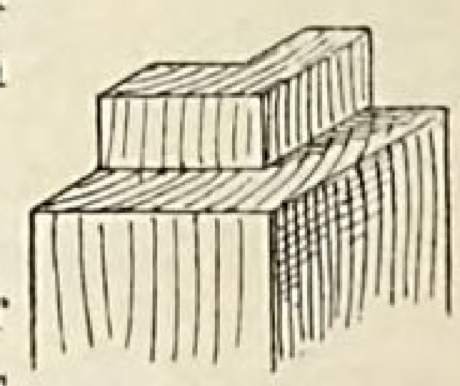


Fig. 1. Fig. 3 (Bahnhof Frankfurt a. M). Fig. 2

Eckzapfen, im Winkel abgebogener Zapfen, meist an Eckpfosten zur Verbindung mit wagrechten Hölzern, welche nach zwei Richtungen liegen (s. Fig.).



Eclimeter, s. Höhenkreis und Neigungsmesser.

Edelsteine. Von den Anforderungen der Mode und der Wertschätzung, durch die grössere oder geringere Häufigkeit des Vorkommens abgesehen, ist der Begriff Edelstein an eine Reihe von physikalischen Eigenschaften gebunden. Soll der Edelstein im Gebrauch sich nicht abnützen, seinen Glanz und seine Politur nicht verlieren, so muss er an Härte (s. d.) die gewöhnlich mit ihm in Berührung kommenden Dinge übertreffen.

Nach den Härtegraden geordnet ergibt sich folgende Reihe: Diamant 10, Korund (Rubin, Saphir) 9, Chrysoberyll $8^1/_2$, Topas und Spinell 8, Phenakit und Beryll (Smaragd, Aquamarin) $7^3/_4$, Zirkon (Hyacinth), Euklas, Andalusit und Staurolith $7^1/_2$, roter Granat, Cordierit und Turmalin $7^1/_4$, Demantoid und Quarz (Bergkristall, Amethyst, Citrin, Jaspis, Chrysopras) 7, Jadëit und Axinit $6^3/_4$, Chalcedon (Achat, Karneol), Chrysolith, Vesuvian, Epidot, Prehnit und Schwefelkies $6^1/_2$, Labrador, Amazonenstein, Adular, Türkis und Diopsid 6, Nephrit $5^3/_4$, Opal $5^1/_2$—$6^1/_2$, Moldawit, Obsidian, Hämatit, Hauyn, Sphen, Lasurstein, Cyanit 5—7, Dioptas 5, Flussspat 4, Malachit und Gagat $3^1/_2$, Bernstein $2^1/_2$.

Die härtesten (Härte $8^1/_2$ — 10) gelten als Edelsteine ersten Ranges, die Härtegrade 7—$8^1/_2$ kommen im allgemeinen den Schmucksteinen zweiten Ranges zu, diejenigen von 6—7 den Steinen dritten Ranges; Halbedelsteine haben geringere Härte. Doch kommen ausser der Härte noch andere Gesichtspunkte bei der Rangbestimmung in Betracht. Der Opal z. B. wird trotz seiner geringen Härte zu den Schmucksteinen zweiten Ranges gezählt.

Zur Prüfung der Härte der Edelsteine dient die Mohs'sche Härteskala (s. Härte). Für die Zwecke der Edelsteinprüfung jedoch genügen eine Glastafel, die etwa die Härte 5 hat, ein Stück Feldspat (Härte 6) und Bergkristall (Härte 7), endlich noch Topas (8). Bei rohen Steinen kann das Ritzen der Steine bei der Härteprüfung anstandslos geschehen, bei geschliffenen jedoch muss es mit Rücksicht auf die möglichen Verletzungen des Steines oft unterbleiben. Im Edelsteinhandel wird zur Härteprüfung eine harte Stahlfeile verwendet. Sie greift Steine von der Härte 5 noch stark, solche von der Härte 6 nur schwach an und erzeugt dabei viel oder wenig Pulver. Quarz wird von der Stahlfeile nicht mehr angegriffen. Härtere Steine greifen beim Ritzen die Feile an und poliren sie. Auch nach der Höhe des Tones beim Ritzen kann bei gleich grossen Stücken auf den Grad der Härte geschlossen werden; die härtesten Steine erzeugen den höchsten Ton. Für geschliffene Steine wird ein sehr sark gehärteter Stahlstift (ungefähr Härte 7) gebraucht und zum Ritzen diejenige Stelle des Steins ausgesucht, wo es am wenigsten schadet. Da Mineralien mitunter an verschiedenen Stellen ihrer Kristallflächen und in verschiedenen Richtungen geritzt verschiedene Härtegrade zeigen (vergl. Disthen), so ist oft ein Ritzversuch nicht genügend [1]. — Für den Schleifprozess der Edelsteine ist der Härtegrad von der grössten Bedeutung (vergl. Edelsteinschleiferei).

Die optischen Eigenschaften der Edelsteine spielen bei ihrer Wertschätzung die grösste Rolle. Es kommt zunächst der Grad der Durchsichtigkeit in Betracht und zwar wächst natürlich der Wert mit der Reinheit und Durchsichtigkeit. Nur der wegen seiner sonstigen optischen Eigenschaften geschätzte Opal und der seiner schönen Farbe wegen beliebte Türkis machen Ausnahmen.

Als „wasserhell“ („reinstes“ oder „erstes Wasser“) werden vollkommen durchsichtige und gänzlich farblose Steine bezeichnet (Diamant, Bergkristall); solche nahezu reine und farblose (für den ungeübten Beschauer) Steine besitzen „zweites“ und mit noch geringerer Reinheit

„drittes Wasser". „Halbdurchsichtig" werden Steine genannt, die bereits eine merkliche Trübung zeigen. Der nächstgeringere Grad wird mit „durchscheinend" bezeichnet und verhindert scharfe Konturen des Bildes eines durch den Stein betrachteten Gegenstandes. Die Durchsichtigkeit der an und für sich durchsichtigen Steine wird vielfach durch Einschlüsse von anderen Mineralen, von Flüssigkeits- und Luftblasen beeinträchtigt oder durch feine Risse und Spalten (Smaragd) geschmälert. Ist ein Stein kein einheitliches Kristallindivid, sondern ein dichtes Aggregat von Körnern ohne äussere Kristallbegrenzung, so verliert er die ursprünglich der Substanz eigene Durchsichtigkeit, weil ein grosser Teil des durch ihn gehenden Lichtes an den Grenzen der einzelnen Körner verloren geht (Opal, Chrysopras) [1].

Der Glanz der Edelsteine ist für ihren Wert von gleicher Bedeutung. Er wird durch die Menge des Lichtes bedingt, welche von dem Stein, d. h. seinen Aussenflächen, zurückgeworfen (reflektirt) wird. Die wertvollsten Edelsteine zeigen einen starken Glanz, besonders nach einer feinen Politur, und dieser Glanz macht das „Feuer" des Edelsteins aus. Neben der Stärke des Glanzes (starkglänzend, glänzend, schimmernd und matt) unterscheidet man noch Arten des Glanzes, deren Charakteristik durch den Glanz gewisser Substanzen gekennzeichnet wird, z. B. Diamant-, Glas-, Metall-, Seiden-, Fettglanz u. s. w.

Diamantglänzend ist ausser Diamant nur noch der Zirkon, glasglänzend die meisten durchsichtigen und harten Edelsteine, Bergkristall, Topas, Korund u. s. w., seidenglänzend das Katzen- und Tigerauge, perlmutterglänzend gewisse Feldspäte (Mondstein), Malachit [1].

Für die Wertbestimmung wichtig ist ferner die F a r b e; man spricht hier von Farbenreihen eines Edelsteins. Korund zeigt rote (Rubin) und blaue (Saphir) Farben, Quarz kann farblos (Bergkristall), gelb (Citrin), braun (Rauchquarz), violett (Amethyst), grün (Plasma, Chrysopras) sein, Diamant tritt in verschiedenen Färbungen auf. Als „farbige" Steine werden nur diejenigen Edelsteine bezeichnet, deren Farbenton immer derselbe bleibt und der Substanz selbst eigen ist, z. B. Malachit, und als „gefärbt" diejenigen, bei denen die Farbentöne wechseln und von einer fremden Substanz (Pigment) in dem an und für sich farblosen Stein erzeugt werden, z. B. Korund eigentlich farblos, rot gefärbt als Rubin, blau als Saphir. Die Verteilung des Pigments in den gefärbten Steinen ist nicht immer regelmässig; sie schwankt nach der Menge und an den verschiedenen Stellen des Steins. Edelsteine mit starkem und gleichmässig verteiltem Pigment sind die wertvollsten. Bei einigen Edelsteinen ahmt die unregelmässige Verteilung des natürlichen Farbstoffes gewisse Pflanzenformen nach, z. B. in Chalcedon die sogen. Dendriten, welche lange Zeit irrtümlicherweise für versteinerte Pflanzen gehalten wurden, Moosachat mit scheinbaren Formen des Mooses.

Die Beschaffenheit des natürlichen Farbstoffes der Edelsteine ist vielfach unbekannt, weil die Menge so minimal ist, dass eine chemische Untersuchung unmöglich wird. Teilweise ist das Pigment im Stein dilut, d. h. vollständig aufgelöst in der Hauptsubstanz, z. B. im Rubin, Smaragd, Diopsid. In anderen Fällen wird die Färbung durch fein und staubartig verteilte kleine Teilchen (Kriställchen) eines gefärbten andern Minerales erzeugt; z. B. Strahlstein-Hornblende im Quarz erzeugt Prasem, Eisenglanz im Quarz gibt Karneol. Einige wenige Pigmente verändern sich unter dem Einfluss des Lichtes und der Atmosphäre, z. B. Rosenquarz und Chrysopras bleichen aus. Zur Erhaltung der Farbe werden diese Steine stets im Dunkeln und Feuchten aufbewahrt. Bernstein nimmt an der Luft dunklere Töne an. Starkes Erhitzen und Glühen bewirkt das Entweichen desjenigen Farbstoffes, welcher organischer Natur ist (Rauchtopas, Hyacinth) oder auch Farbenveränderungen; z. B. Amethyst wird gelb, dunkelgelber Topas rot. Künstlich wird auch der seltene gelbe Quarz durch Erhitzen von Amethyst und Rosatopas aus gewöhnlichem Topas hergestellt [1], [2].

Einige Edelsteine zeigen die Eigenschaft des Pleochroismus, d. h. sie sind, in verschiedener Richtung des natürlichen Kristalles gesehen, verschieden gefärbt. Die Eigenschaft kommt nur den doppeltbrechenden, gefärbten und ein einheitliches kristallographisches Individ darstellenden Edelsteinen zu.

Stark pleochroit sind Cordierit (dunkelblau, hellblau und graulichgelb), Turmalin (braun und grün oder rot und blau), Chrysoberyll oder Alexandrit (im weissen Tageslicht smaragdgrün, im gelben Gas- oder Kerzenlicht rot) u. a. Durch den Pleochroismus unterscheiden sich alle gefärbten doppeltbrechenden Steine sowohl von den nicht pleochroiten Nachahmungen durch Glas als auch von den einfach brechenden Mineralen gleicher Farbe. Bei nur wenig pleochroiten Steinen kann der Pleochroismus durch die sogen. Haidinger'sche Lupe oder das Dichroskop nachgewiesen werden [3]. Die Betrachtung der grossen Schlifffläche mit dieser Lupe genügt meist schon, um das Vorhandensein von Pleochroismus festzustellen.

Die Brechung des Lichtes (s. Bd. 2, S. 642) hat für die Schönheit des Edelsteins hervorragende Bedeutung [1], [3], insbesondere die Dispersion oder

Farbenzerstreuung. Der Diamant besitzt eine mehr als doppelt so grosse Dispersion als Glas und überhaupt die grösste von allen Edelsteinen, daher auch das schönste Farbenspiel. Die einzelnen Farben liegen viel weiter aus einander, sie kommen einzeln und von einander getrennt zur Geltung. Die Doppelbrechung des Lichtes (s. d.) hat auf den Wert und die Schönheit der Edelsteine keinen Einfluss, sie kann aber in hervorragendem Masse zur Unterscheidung der Steine von einander und von Glasnachahmungen dienen [1], [3].

Zur Feststellung der Doppelbrechung bringt man den geschliffenen und ungefassten Stein mit der breiten Vorderseite vor das Auge und blickt durch ihn hindurch entweder in eine in einem sonst dunklen Raum brennende Flamme oder auf einen kleinen gut beleuchteten Gegenstand (Nadelkopf). Bei einem einfach brechenden Stein sieht man auf jeder Fassette des Schliffes nur ein Bild der Flamme oder des Gegenstandes, bei einem doppeltbrechenden, aber zwei dicht neben einander. Da diese einfache Methode nicht in allen Fällen anzuwenden ist, bedient man sich zur Unterscheidung von einfach- und doppeltbrechenden Edelsteinen des Polarisationsinstrumentes [1], [3]. Einfachbrechende Edelsteine sind: Diamant, Granat, Spinell, Opal, Flussspat. Doppeltbrechend sind: Zirkon, Rubin, Saphir, Chrysoberyll, Chrysolith, Turmalin, Topas, Beryll, Quarz. Einige andere optische Erscheinungen bei Edelsteinen, Irisiren, Opalisiren, Labradorisiren, Asterismus u. s. w., sind bei Besprechung der betreffenden Mineralien erwähnt.

Für die Unterscheidung der Edelsteine kommt in vielen Fällen ihr spezifisches Gewicht in Betracht. Dasselbe ist bei den einzelnen Edelsteinen angegeben. Zur bequemen und raschen Orientirung bedient man sich bei der Bestimmung desselben neben den älteren Methoden neuerdings einiger schwerer Flüssigkeiten, deren spezifisches Gewicht im konzentrirten Zustand dasjenige der schwereren Edelsteine erreicht und bekannt ist.

Man wirft den zu bestimmenden Stein in die Flüssigkeit und er wird in derjenigen sich schwebend erhalten, welche gleiches spezifisches Gewicht wie der Stein besitzt, in einer leichteren dagegen untergehen und zu Boden fallen, auf einer schwereren aber schwimmen. Solche Flüssigkeiten sind das Methylenjodid ($CH_2 J_2$), dessen spezifisches Gewicht bei 20° C. 3,3155 ist. Man kann mit ihm also rasche Bestimmungen von solchen Mineralen ausführen, welche ebenso schwer und leichter sind; im letzteren Fall wird das Methylenjodid mit Benzol verdünnt. Für rasche und allgemeine Bestimmungen hält man sich am besten die Flüssigkeit in mehreren Verdünnungen von bekanntem spez. Gew. [1], [3]. Das bei gewöhnlicher Temperatur feste, bei 75° C. aber flüssige Thalliumsilbernitrat ($TlAgN_2O_3$) erreicht ein spez. Gew. von ungefähr 5,0 und kann also auch zur Bestimmung von noch schwereren Mineralen dienen [1].

Man wird geschliffene und kostbare Edelsteine am zweckmässigsten ohne Fassung kaufen, um sich von den Fehlern derselben überzeugen zu können. Geschickte Schleifer wissen kleine Fehler durch die Verteilung der Fassetten zu verdecken. Ein guter Stein darf keine Risse und Spalten im Innern besitzen, muss gleichmässigen Glanz haben, darf in der Farbe keine Verschiedenheiten zeigen, muss, wenn durchsichtig, gleichmässig klar und ohne Einschlüsse und fremde Körper sein, alles dies natürlich unter der Voraussetzung, dass der eine oder andere Fehler nicht gerade eine berechtigte Eigentümlichkeit des Steins ist, wie z. B. die Verschiedenfarbigkeit des Achates.

Um Flecken, Risse und Hohlräume, die mit gewöhnlichem Auge nicht sichtbar sind, zu erkennen, legt man die Steine in stark lichtbrechende Flüssigkeiten wie Methylenjodid. Unter den Fehlern bezeichnet man im Edelsteinhandel als „Sand“ und „Staub“, wenn kleine Körnchen oder staubartige Teilchen von fremder Substanz im Stein vorkommen, als „Wolken“, wenn ihre Verteilung eine unregelmässige, wolkenartige ist. Als „Fahnen“ werden hell schimmernde Streifen von eingeschlossenen Flüssigkeiten und kleinen Einschlüssen bezeichnet. Das Licht wird an ihnen reflektirt und sie werden dadurch sichtbar. Beim Poliren geben sie rauhe Stellen. „Federn“ werden kleine Risse und Spalten genannt; sie bewirken häufig ein Zerspringen des Steines beim Schleifen. Die Schleifer erproben ihre Steine zuerst dadurch, dass sie sie nach dem Erhitzen in kaltem Wasser rasch abkühlen, wobei rissige Steine meist springen [1], [2].

Nachahmungen und Fälschungen der Edelsteine werden auf verschiedene Weise hergestellt. Da immer neue auftauchen, so können nur wichtigere erwähnt werden. Am häufigsten kommt es vor, dass minderwertige Steine für kostbare ausgegeben werden, wenn beide dem äusseren Aussehen nach gleich sind. Es wird z. B. weisser Topas, Hyacinth, Bergkristall (Marmaroser Diamant) und Saphir dem Diamant, gelber Quarz oder Citrin dem gelben Topas, Rubinspinell und gewisse Granaten dem Rubin untergeschoben, blau gefärbter Achat für Lasurstein ausgegeben. Sehr viele Nachahmungen werden durch Glas künstlich hergestellt. Sie sollen in der Regel nur auf weitere Entfernung und bei künstlicher Beleuchtung wirken und ihre Natur ist leicht durch Härteversuche und optische Untersuchungen zu erkennen.

Ein zu Nachahmungen viel benütztes Glas ist der Strass (Mainzer Fluss), nach dem Erfinder genannt, ein leicht schmelzbares, farbloses, bleihaltiges Glas; für Diamant-Imitation wird gebraucht ein Glas aus 45 Teilen Quarz, 22,5 T. kohlensaurem Natron, 7,5 T. gebranntem Borax, 11,25 T. Mennige und 3,75 T. Salpeter; für Rubin-Imitation wird 48 T. Strass-Glas, 1 T. Cassius Goldpurpur, 1 T. Eisenoxyd, 1 T. Goldschwefel, 1 T. übermangansaures Kali, 6 T. Bergkristall verwendet. Zur Saphirfärbung wird obiges Diamant-Glas mit 0,125 T. kohlensaurem Kobalt, für Beryll (Aquamarin) mit 0,625 T. Eisenoxyd, für Smaragd mit 1,25 T. Eisenoxyd und 0,625 T. Kupferoxyd, für Amethyst mit 0,25—0,375 T. Manganoxyd und für Topas mit 1,875 T. Uranoxyd vermischt. Ausserdem gibt es noch andere Mischungen für die verschiedensten Farben. Die Glasflüsse zeigen oft kleine Gasporen [1], [4]; vergl. Doubletten.

Der Preis der Edelsteine richtet sich nach ihrer Schönheit, nach Angebot und Nachfrage und nicht zum mindesten nach der Mode; er hängt von der Grösse der Steine ab und diese wird nach dem Gewicht bestimmt. Die Einheit bildet hier das Karat, welches neuerdings auf 205 mg festgesetzt wurde. Wo grosse Stücke von einem Edelstein häufig sind, wird der Preis durch einfache Multiplikation des Karatgewichtes und des Wertes der Karateinheit berechnet. Sind grössere Stücke selten, dann wächst der Preis nicht einfach nach dem Gewicht, sondern rascher und teilweise in geometrischer Progression. Von Einfluss auf den Preis sind weiter die Form des Schliffes und die Qualität, soweit Fehler in Betracht kommen. Der Wert des Rohsteines ist natürlich bedeutend geringer als der des gleichschweren geschliffenen. Nach dem wirklichen Wert der Edelsteine als Schmucksteine teilt K. E. Kluge [5] die Edelsteine ein in

A. Eigentliche Edelsteine oder Juwelen. Ausgezeichnet durch grosse Härte und Politurfähigkeit, hohes Steingewicht, prächtige Farben und Klarheit, verbunden mit starkem Glanze und Seltenheit des Vorkommens in schleifwürdigen Exemplaren.

1. Schmucksteine ersten Ranges. Härte zwischen 8 und 10. Spez. Gew. über 3,5; hinsichtlich der chemischen Zusammensetzung entweder reiner Kohlenstoff oder reine Thonerde oder Verbindungen der Thonerde mit anderen Erden. Sehr seltenes Vorkommen und höchster Wert. Diamant, Korund (Rubin und Saphir), Chrysoberyll, Spinell. — 2. Schmucksteine zweiten Ranges. Härte 7,5—8 mit Ausnahme des edlen Opals. Spez. Gew. meist über 3; meist Kieselsäureverbindungen. Häufigeres Vorkommen und in grösseren Stücken. Wert geringer als bei Steinen ersten Ranges, doch in ausgezeichneten Exemplaren noch sehr bedeutend und sogar geringere Sorten der vorigen übertreffend. Zirkon, Beryll (Smaragd), Topas, Turmalin, Granat (Pyrop), edler Opal. — 3. Schmucksteine dritten Ranges. Bilden den Uebergang zu den Halbedelsteinen. Härte 5,5—7,7; spez. Gew. meist über 2,5; kieselsaure Verbindungen vorherrschend. Wert nicht sehr bedeutend, nur sehr schöne Exemplare werden teuer bezahlt. Vorkommen meist ziemlich häufig, selten jedoch in schleifwürdigen Exemplaren. Cordierit (Dichroit), Vesuvian, Chrysolith, Axinit, Cyanit, Staurolith, Andalusit, Chiastolith, Pistazit, Türkis.

B. Halb-Edelsteine. Sie zeigen die Eigenschaften der Juwelen in geringerem Grad oder nur teilweise.

4. Schmucksteine vierten Ranges. Härte 4—7; spez. Gew. 2—3 (Bernstein ausgenommen); Farbe und Glanz häufig noch lebhaft; meist undurchsichtig oder durchscheinend. Vorkommen häufig, Wert gering. Quarz (Bergkristall, Amethyst, Katzenauge u. s. w.), Chalcedone (Achat, Karneol, Jaspis, Chrysopras, Plasma, Heliotrop), Opal, Feldspat (Adular, Amazonenstein, Labrador), Obsidian, Lasurstein, Hauyn, Hypersthen, Diopsid, Flussspat, Bernstein. — 5. Schmucksteine fünften Ranges. Härte und Gewicht sehr verschieden; Farben fast immer trübe. Undurchsichtig, geringer Glanz; geringer oder fehlender Wert; sie erlangen denselben erst durch Bearbeitung. Gagat, Nephrit, Serpentin, Bildstein, Speckstein, Topfstein, Diallag, Bronzit, Schillerspat, Faserkalk und Gips, Marmor, Alabaster, Malachit, Schwefelkies, Manganspat, Hämatit, Prehnit, Elaeolith, Natrolith, Lava, Kieselbreccie, Lepidolith.

Die Verwendung der Edelsteine erstreckt sich beinahe ausschliesslich auf Schmuck. Ein sehr kleiner Teil der härteren Edelsteine findet in der Feinmechanik und Uhrenfabrikation für die Herstellung von Zapfenlagern Verwendung, z. B. der Rubin und als Ersatz für ihn Granat, Chrysoberyll, Topas, Achat, überhaupt alle diejenigen Edelsteine, welche härter als Stahl sind. Diesem Zweck genügen auch trübe und undurchsichtige Steine. Das Abschleifen und Poliren der Metalle wird in einigen Fällen mit Instrumenten ausgeführt, zu deren Herstellung Edelsteine dienen. Zum Reinigen der Edelsteine verwendet man Leder oder weiche, nicht zu steife Haarbürstchen, auf welchen ein Pulver aus weissgebrannten tierischen Knochen (Kalbsknochen) oder aus einem Teil Schwefel und zwei Teilen Tripel gestreut wird.

Litteratur: [1] Bauer, M., Edelsteinkunde, Leipzig 1895. — [2] Blum, R., Taschenbuch der Edelsteinkunde, Leipzig 1887. — [3] Groth, P., Grundriss der Edelsteinkunde, Leipzig 1887.

— [4] Dölter, C., Edelsteinkunde, Leipzig 1893. — [5] Kluge, K. E., Handbuch der Edelsteinkunde, Leipzig 1860. — [6] Schrauf, A., Handbuch der Edelsteinkunde, Wien 1869. *Leppla.*

Edelsteinschleiferei. Da die Edelsteine in rohem und kristallisirten Zustand selten ihre ganze Schönheit nach Glanz, Farbe und Lichtbrechung zeigen, so hat man frühzeitig begonnen, ihnen glatte, polirte, künstliche Flächen zu geben. Diese Flächen sind entweder gerundet oder eben; im ersteren Falle nimmt eine gerundete, halbkugelartige oder „mugelige“ Fläche den ganzen äusseren Teil des Steines ein, im letzteren wird die äussere Form des Steines aus vielen regelmässig angeordneten kleinen Flächen (Fassetten) gebildet. Die Anordnung der Fassetten und die äussere Form muss so getroffen werden, dass sie, den optischen Verhältnissen angepasst, die grösstmögliche Schönheit der Substanz zur Geltung bringt. Auf die kristallographischen Richtungen des Steins hat die Lage der Fassetten weniger Rücksicht zu nehmen. Die durchsichtigen Steine werden meist in Fassettenform, die undurchsichtigen in runden Formen „en cabochon“ geschliffen. Damit beim Schleifen kein allzu grosser Materialverlust eintritt, muss die Form des Schliffes der äusseren Form des Rohsteines angepasst werden und wenn fehlerhafte Stellen im geschliffenen Stein nicht zu umgehen sind, so müssen sie im Schliff und bei der Fassung so gelegt werden, dass sie die Schönheit nicht beeinträchtigen. Im allgemeinen wird man der Schönheit des geschliffenen Steines vor dessen Grösse den Vorzug geben müssen, wenn die Frage eines grösseren oder geringeren Materialverlustes beim Schleifen in Betracht kommt.

Die einzelnen Schliffformen sind:

1. Brillant, fast ausnahmslos beim Diamant zur Anwendung kommend; daher wird auch der geschliffene Diamant kurzweg Brillant genannt (vergl. Fig. 1, 1a und 1b). Man unterscheidet an ihm den Oberteil, welcher die Fassung überragt und allein sichtbar ist und die Form einer niederen abgestumpften Pyramide hat, und den Unterteil, welcher von der Fassung verdeckt wird und ebenfalls eine abgestumpfte Pyramide von grösserer Höhe darstellt. Die beiden Pyramiden haben die Grundfläche gemeinsam; diese bildet den Fassungsrand, die Rundiste (Fig. 1, *R—R*). Der Oberteil zeigt eine breite, der Rundiste parallele Fläche, die Tafel (Fig. 1, 1a, *T*), der Unterteil ebenfalls eine solche, aber kleiner, die Kalette (Fig. 1, 1b, *K*). Die eigentlichen Pyramidenflächen des Ober- und Unterteils bilden die nach der Zahl 4 angeordneten Fassetten, welche wieder in Stern- und Querfassetten unterschieden werden. Ein wirkungsvoller Schliff verlangt, dass die Fassetten regelmässig und symmetrisch angeordnet und die einander entsprechenden auch gleich gross sind. Auch die Grössenverhältnisse der Fassetten sind wichtig. Die Höhe des Oberteils soll die Hälfte der Höhe des Unterteils ausmachen, der Durchmesser der Tafel soll $^5/_9$, der der Kalette $^1/_9$ des Durchmessers der Rundiste (Fassungsrand) betragen. Die Rundiste wird der Schönheit des Steins wegen scharf oder der besseren Fassung und des geringeren Ausbrechens wegen rund geschliffen. „Halbbrillanten“ sind Brillanten ohne Unterteil; ihre Schönheitswirkung ist eine geringe. Bei dem „Sternschnitt“ sind die Fassetten auf den Pyramidenflächen in der Sechszahl vorhanden.

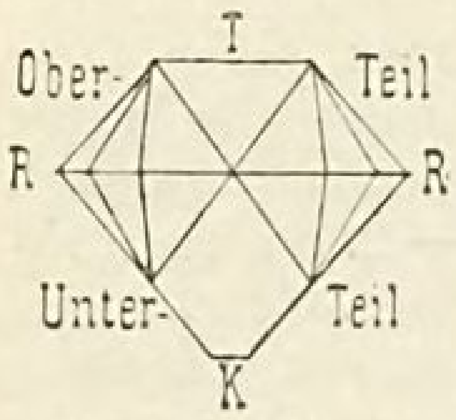


Fig. 1 (Brillant) von der Seite.

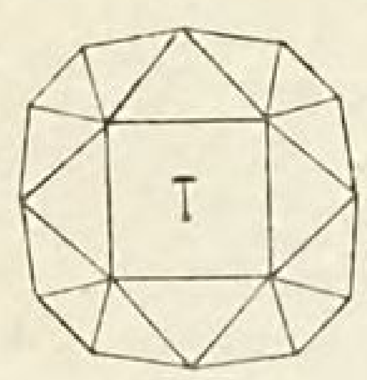


Fig. 1a von oben.

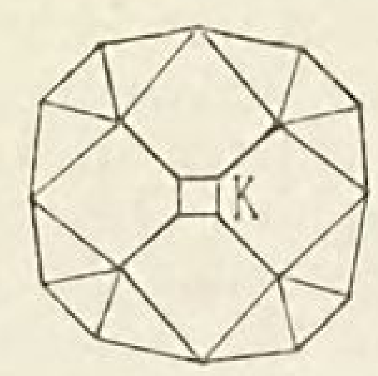


Fig. 1b von unten.

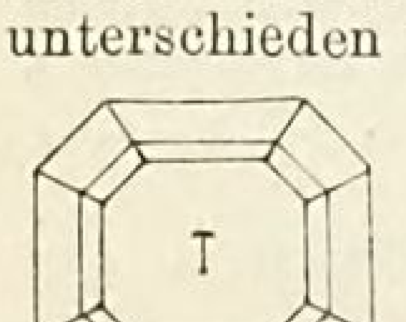


Fig. 2

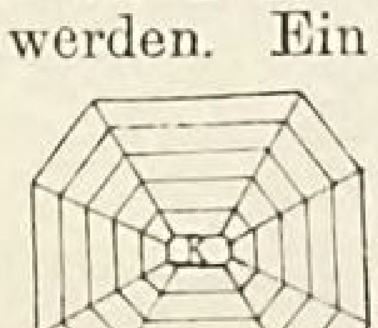


Fig. 2a (Treppenschnitt).

2. Treppenschnitt (vergl. Fig. 2 und 2a). Die Fassetten liegen treppenartig neben einander und sind unter sich und mit der Kante der vier-, sechs-, acht- und mehrseitigen Rundiste und der Tafel parallel. Sie bilden von der Rundiste gegen die Tafel immer geringere Neigungswinkel gegen die Fläche der Tafel. Er kommt bei farbigen Steinen zur Anwendung und zwar so, dass am Unterteil des Schliffes selten weniger als vier Reihen von Fassetten über einander liegen.

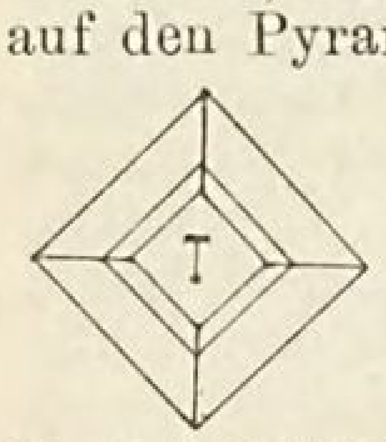


Fig. 3 (Tafelstein) von oben.

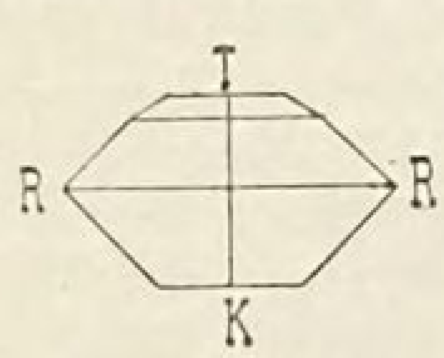


Fig. 3a von der Seite.

3. Tafelsteine (vergl. Fig. 3, 3a, 4 u. 5). Ihre Form leitet sich aus einer vierseitigen Doppelpyramide ab und bildet in der Grundform ein reguläres Oktaëder. Die aus den Anfängen der Schleiferei stammende spitze Form wird Spitzstein genannt. Durch gleich grosses beiderseitiges Abschleifen der Spitzen des Oktaëders entsteht der eigentliche Tafelstein; Ober- und Unterteil haben gleiche Höhe, Tafel (*T*) und Kalette (*K*) sind gleich gross, die Rundiste (*R*) bald quadratisch, bald einfach rechteckig. Die Abstumpfung der Grundform erreicht beim „Dünnstein“ (Fig. 4) ein solches Mass, dass nur eine dünne Tafel übrig bleibt. Ist die Tafelfläche am Oberteil grösser als die Kalette unten, so heisst der Schliff „Dickstein“ (Fig. 5) meist dann, wenn die Tafel doppelt so gross als die Kalette ist. Der Tafelstein gibt keine grossen Lichtwirkungen. Er gelangt mitunter beim Smaragd zur Anwendung. Als Kappgut werden Steine mit unregelmässigen Fassetten bezeichnet.

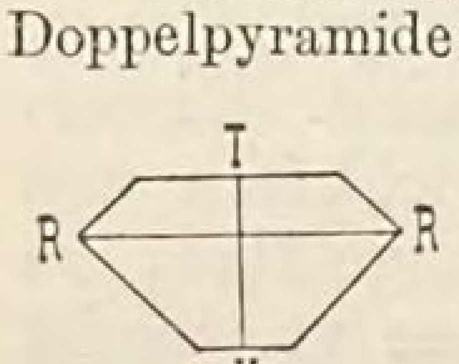


Fig. 5 (Dickstein)

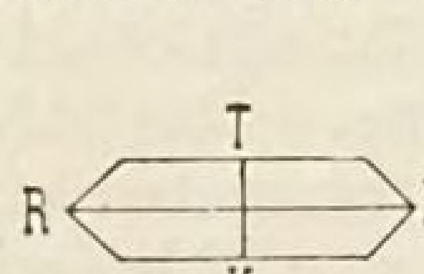


Fig. 4 (Dünnstein) von der Seite.

4. Rosette, Raute (Fig. 6). Sie besitzt eigentlich keinen Unterteil. Der Oberteil besteht ganz aus Fassetten, welche in mehreren Reihen sternförmig nach der Sechszahl angeordnet sind. Alle Fassetten sind dreiseitig. Die Form wird für flache Diamanten, des geringen Materialverlustes wegen, angewendet und gibt dem Stein grossen Glanz. Als „Pendeloque" oder „Briolette" bezeichnet man Formen, welche aus zwei mit ihren Grundflächen an einander gefügten Rosetten bestehen.

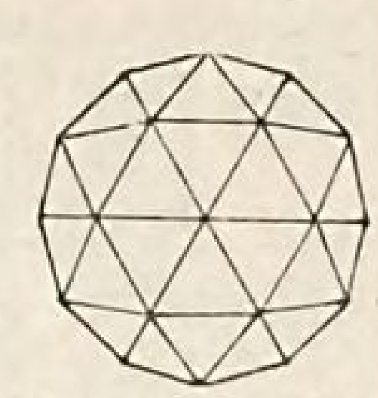


Fig. 6 (Rosette) von oben.

5. Mugelige oder Cabochon-Form kommt bei fast allen undurchsichtigen (Türkis, Katzenauge) und durchscheinenden (Opal) Steinen, auch bei durchsichtigen, tiefgefärbten (z. B. Granat) zur Anwendung. Die Form besteht aus einer runden, mehr oder weniger steilen Wölbung im Oberteil. Das Unterteil fehlt meist; die Grundfläche ist kreisförmig oder elliptisch. Die runden Formen werden auch mit Fassetten am Rand versehen oder es werden die vorher besprochenen Formen mit der runden verbunden, wie es der Schleifer für gut hält.

Für das eigentliche Schleifen der Edelsteine wird der Rohstein zuerst auf die sogen. Doppen oder Docken (halbkugelige, hohle Schälchen aus Kupfer mit einem kupfernen Stiel) mittelst Schnelllot (Legirung von Zinn und Blei) aufgekittet, indem der Stein zur Hälfte in die Legirung unmittelbar vor dem Erstarren eingedrückt wird. Eine einfachere Befestigung wird dadurch erreicht, dass der Stein auf Kittstöcke (Stäbchen von Holz oder Metall) mittelst eines Kittes, der aus Schellack und Ziegelmehl besteht, festgehalten wird. Diese auf Kittstöcken befestigten Steine werden mit der Hand auf die rotirende Schleifscheibe aufgedrückt. Die Doppen dagegen werden senkrecht auf ein Brettchen in kleine Löcher gesetzt und dieses Brettchen besitzt am andern Ende und auf Seite der Doppen zwei hölzerne Füsse, die etwas länger als die Doppen sind. Auf diese Füsse wird das Ganze so gestellt, dass die Doppe mit dem Rohstein auf die Schleifscheibe kommt, welche um weniges den Arbeitstisch überragt. Durch Bleigewichte, auf das Holz (Brettchen) gestellt, wird die Doppe auf die Schleifscheibe festgedrückt und durch Einlassen des Holzgestells in zwei niedrige feste Metallstifte vor dem Mitreissen durch die Scheibe geschützt. Um die Scheibe nicht einseitig zu belasten, legt man einen andern Stein gegenüber dem ersten auf dieselbe. Die aus Metall bestehende , kreisrunde, etwa 3 cm dicke und im Durchmesser 30 cm messende, horizontal rotirende (30—40 Umdrehungen in der Sekunde) Schleifscheibe wird mit dem Schleifschmand bestrichen, welcher entweder aus Olivenöl und Diamantpulver oder aus Wasser und Schmirgel besteht. In den letzten Jahren hat man ein härteres Schleifmittel als Schmirgel, das Carborundum (s. d.), künstlich hergestellt und verwendet. Der auf die Scheibe gedrückte Rohstein wird abgeschliffen und erhält die Fassette. Hierbei ist eine beständige Beobachtung durch den Schleifer nötig, damit nicht zu viel abgeschliffen (überschliffen) wird. Ist eine Fassette fertig, so wird die Doppe mit dem Stein in einer andern Lage in dem Holzgestell befestigt oder festgeschraubt und somit das Schleifen einer neuen Fassette bewerkstelligt. Die Lage der Fassetten und somit der Doppe im Holzgestell wird teilweise nach dem Augenmass, bei exakterem Schliff aber mit dem Gradbogen bestimmt. Nachdem so alle Fassetten einer Hälfte (Ober- oder Unterteil) angeschliffen sind, wird der Stein umgekittet auf die andere Seite und die Herstellung deren Fassetten in Angriff genommen. Nach dem Schleifen wird der Stein aus dem Schnelllot herausgenommen, gereinigt und nun polirt. Dies geschieht auf ähnlichen Scheiben und unter ähnlichen Verhältnissen wie das Schleifen, nur wird statt des harten Schleifpulvers ein weiches Polirmittel auf die Scheibe aufgetragen. Der durch das Poliren erzeugte Glanz ist vollständig, wenn er nicht mehr zunimmt. Das Polirmittel wird gewöhnlich mit Wasser, Tripel dagegen mit Schwefelsäure auf die Scheibe gebracht. Schleifscheibe, Schleifmittel und Polirmittel unterliegen je nach der Art des Edelsteins dem Wechsel.

Man wendet an für: 1. Sehr harte Steine, Rubin, Saphir: eiserne, messingene oder kupferne Scheiben mit Diamantstaub; Politur mit Tripel auf Kupfer. 2. Harte Steine, Spinell, Chrysoberyll, Topas: Scheiben von Messing oder Kupfer (für Topas auch Zinn oder Blei) mit Schmirgel; Politur mit Tripel oder Zinn auf Kupfer. 3. Mittelharte Steine, Smaragd, Beryll, Aquamarin, Zirkon, Hyacinth, Turmalin, Granat, Bergkristall, Amethyst, Achat, Jaspis, Chalcedon, Karneol, Chrysopras: Scheiben von Kupfer, Zinn oder Blei mit Schmirgel; Politur mit Tripel auf Zinn oder mit Zinnasche oder Bol auf Zink oder Holz. 4. Weiche Steine, Obsidian, Chrysolith, Opal, Adular, Türkis, Lasurstein: Scheiben von

Blei oder Zinn mit Schmirgel; Politur mit Tripel auf Zinn oder Holz oder mit Bimstein auf Holz. Glasflüsse werden mit Schmirgel auf Holz geschliffen und mit Tripel auf Holz polirt.

Um einen grösseren Stein zu mehreren kleinen zu verarbeiten, wird er vor dem Schleifen zersägt oder zerschnitten mittelst einer sehr dünnen, vertikal rotirenden Zinkscheibe, auf deren scharfen Rand Diamantpulver aufgetragen ist.

Das Bohren der Steine wird durch eine feine Diamantspitze (Driller) oder durch Stahlspitze mit feinem Diamantpulver in Oel bewerkstelligt, indem dieser Bohrer durch einen Bogen, dessen Saite um den Cylinder, der die Spitze trägt, geschlungen und in Rotation versetzt wird. Namentlich Rubine werden zur Herstellung von Zapfenlagern für Uhren durchbohrt, auch harte Edelsteine, welche an Stelle des Zieheisens beim Drahtziehen eine möglichst gleich gross bleibende Oeffnung gewähren sollen (Rubin, Saphir, Diamant).

Zum Graviren oder Schneiden der Steine benützt man sehr kleine Schleifscheiben oder Rädchen von Eisen (sogen. Zeiger), welche in die horizontal rotirende Axe einer Drehbank eingefügt werden. Sie sitzen auf einem Stiel und werden bei harten Edelsteinen mit Diamantbort, bei weichen und Glas mit Schmirgel in Baumöl bestrichen. Zu ganz feinen Linien wird die in eiserne Griffel gefasste Diamantspitze verwendet. Der Stein wird vor dem Graviren meist matt geschliffen, dann mit einem Messing- oder Silberstift die Zeichnung aufgetragen und nun der auf einem Kittstock befestigte Stein gegen den rotirenden Zeiger gedrückt. Die Ausarbeitung des Reliefs oder der Vertiefung geschieht nach und nach mit immer feineren und verschieden geformten Zeigern. Die ausgeschnittene oder gravirte Fläche bleibt in der Regel matt und unpolirt. Zum Graviren werden meist nur die durchscheinenden oder undurchsichtigen Edelsteine (Achat, Chalcedon, Hämatit) verwendet, weil die durchsichtigen und farbenschillernden der zahlreichen inneren Reflexe und Brechungen wegen die Gravirung nicht zur Geltung kommen lassen. Zu Kameen gebraucht man vorzugsweise Steine mit verschieden gefärbten, mit einander verwachsenen Lagen (Achat, Onyx), von welchen eine für die Gravirung (Figur, Wappen, Buchstaben), die andere für den Grund gewählt wird. Der Wert der Gravirung liegt nicht im Stein, sondern im Kunstwerk. Man nennt vertiefte Gravirungen Intaglien und gibt ihnen Figuren, Buchstaben, Wappen u. s. w. für Busennadeln, Siegelringe, Manschettenknöpfe zum Vorwurf. Die Steinschneiderei in erhabenen Figuren erzeugt die Kameen. — Edelsteine aus reiner Kieselsäure, also Bergkristall, Achat, Chalcedon lassen sich mit flüssiger oder gasförmiger Flusssäure auch ätzen; zu dem Zwecke werden sie mit Wachs überzogen und in den Ueberzug (Aetzgrund) die gewünschte Zeichnung oder Figur eingravirt. Die Flusssäure löst den Quarz auf und erzeugt an den Stellen, wo dieser frei liegt, Vertiefungen.

Viele Edelsteine werden zur Erhöhung ihrer Schönheit oder zur Verdeckung von Fehlern vor oder bei der Fassung künstlich verbessert oder aufgebracht.

Die Art des Aufbringens der Edelsteine wechselt. Bei Edelsteinen mit dunklen Flecken wird der Kasten, in welchem sie ruhen, vor der Fassung mit sogen. Moor, einer Masse aus Mastix und gebranntem Elfenbein, angestrichen, natürlich nur da, wo die hellen Stellen des Steins den Kasten berühren. Häufig aber geschieht das Aufbringen mittelst Folie von gefärbtem oder ungefärbtem Metallblech von Silber, Kupfer oder Zinn. Solche Folie wird in den den Stein aufnehmenden Kasten der Fassung gebracht, d. h. dieser damit ausgekleidet. Sie soll den Glanz oder die Farbe des Steins erhöhen. Beim Färben der Folie wird die gewünschte Farbe mit Hausenblase auf die Folie aufgetragen. Rosetten erhalten stets eine Folie auf dem Unterteil aufgeklebt. Die Folie wird meist dann angewendet, wenn der Edelstein eine schwache und unreine Farbe besitzt und eine stärker gefärbte Folie diese hebt. Ein nach jeder Seite vollkommener Stein bedarf nicht des Aufbringens. Nur bei der Fassung im Kasten kann dies ausgeführt werden, bei à jour-Fassung nicht. Doch werden auch blassgefärbte Rubine dadurch farbensatter gemacht, dass man bei der à jour-Fassung die Rundiste des Steins mit Karmin anmalt oder ein so gefärbtes Email an dem Rand der Fassung anbringt. Statt mit der Folie wird der Fassungskasten häufig auch unmittelbar mit der Farbe angestrichen.

Die letzte Prozedur, welcher der geschliffene Edelstein unterworfen wird, ist die Fassung, die Befestigung desselben in einem Träger, dessen Material in der Regel einem Edelmetall angehört.

Litteratur: Bauer, M., Edelsteinkunde, Leipzig 1895, 83—107. — Kluge, K. E., Handb. d. Edelsteinkunde, Leipzig 1860, 81—130 u. 139—142. — Blum, R., Taschenbuch d. Edelsteinkunde, 3. Aufl., Leipzig 1887, 78—125. *Leppla.*

Edeltanne, s. Nutzhölzer.

Edredon, ein gewöhnlich mit dreibündigem Köper aus feinem Streichgarn hergestelltes Gewebe, dessen Schussgarn bedeutend stärker ist als die Kette und welches sehr weich appretirt werden muss. S. Tuchfabrikation.

Effekt, Wirkung, Leistung oder Arbeitsleistung heisst bei Maschinen (sowohl Kraft- als auch Arbeitsmaschinen) die von denselben in der Zeiteinheit, meist einer Sekunde, verrichtete mechanische Arbeit. — Bei jeder Maschine hat man die theoretische oder disponible Leistung (auch Totalleistung genannt) und die effektive oder Nutzleistung zu unterscheiden; die letztere ist stets kleiner als die erstere, und bezeichnet man den Unterschied beider Leistungen als die Leerlaufsarbeit oder Nebenleistung der Maschine, also jenen Bruchteil der disponiblen Leistung, welcher zur Ueberwindung der Eigenwiderstände der Maschine (z. B. Kolbenreibung, Zapfenreibungen, Luftwiderstand gegen die Bewegung des Schwungrades etc. bei Dampfmaschinen) erforderlich ist. Da jede noch so vortrefflich ausgeführte und aufs sorgfältigste geschmierte Maschine eine gewisse Arbeit zur Ueberwindung dieser Reibungs- und sonstigen Widerstände erfordert, so wird die effektive Leistung niemals der disponiblen Leistung gleich werden können. — Unter Effekt im engeren Sinne oder Nutzeffekt (Wirkungsgrad) wird das Verhältnis der effektiven oder Nutzleistung zur theoretischen oder disponiblen Leistung (indizirten Leistung bei Dampfmaschinen) verstanden.

Bezeichnet N_i die indizirte oder disponible Leistung und N_n die Nutzleistung (häufig auch mit N_e, „effektive Leistung" bezeichnet) und N_l die Nebenleistung oder Leerlaufsarbeit, so ist der Nutzeffekt der Maschine (auch mechanische oder maschinelle Wirkungsgrad genannt): $\eta = \frac{N_n}{N_i} = \frac{N_i - N_l}{N_i} = 1 - \frac{N_l}{N_i}$ und $N_l = N_i - N_n$.

Bei Arbeitsmaschinen ist der Effekt das Mass für die Ausnützung der von einer Kraftmaschine auf die Arbeitsmaschine übertragenen Arbeit. — Bezeichnet hier N diese letztere Leistung und N_n die hiervon in der Arbeitsmaschine nutzbar gemachte Arbeit, also $N_l = N - N_n$ die Leerlaufsarbeit der Maschine, so ist der Wirkungsgrad wieder: $\eta = \frac{N_n}{N} = 1 - \frac{N_l}{N}$.

Wie aus den Gleichungen für η hervorgeht, ist der Wirkungsgrad oder Nutzeffekt stets kleiner als Eins. Ausnahmen hiervon kommen vereinzelt bei raschlaufenden Pumpen und Ventilatoren vor, indem bei ersteren infolge der lebendigen Kraft der bewegten Wassersäule eine grössere Wassermenge durch die Pumpe hindurchgeht, als dem Inhalt derselben oder ihrer sekundlichen, aus den Dimensionen und der Arbeitsgeschwindigkeit berechneten Leistung entspricht. Bei Ventilatoren wird der manometrische Effekt zuweilen grösser als Eins (s. Schleudergebläse).

Die Ermittelung des Effekts der Maschinen bildet eine der Hauptaufgaben der Maschinenmesskunde und dienen hierzu die verschiedensten Messinstrumente und Methoden, so die Dynamometer zur Kraft- und Arbeitsmessung, die Geschwindigkeitsmesser zur Bestimmung der Geschwindigkeit der Maschinen, die Indikatoren zur Berechnung der indizirten Leistung der Dampfmaschinen u. a. m. Als Mass der Nutzleistung sowohl als auch der disponiblen und Nebenleistung gilt für kleinere Leistungen das Sekundenmeterkilogramm (sec. mkg), für grössere Leistung die Sekunden-Pferdestärke, PS (1 PS = 75 mkg/sec. oder 270000 mkg in der Stunde). — Vgl. auch Disponible Arbeit.

Litteratur: Weissbach-Herrmann, Ing.-Mechanik, 5. Aufl., Braunschweig 1883—87, Bd. 2, Abt. 2, S. 2. — Grashof, Theoret. Maschinenlehre, Leipzig 1883, Bd. 2, S. 516. *v. Ihering.*

Effekt, elektrischer, s. Dynamomaschine.

Effektzwirn, s. Zwirn.

Effusion nennt man die Diffusion von im Dissociationszustand befindlichen Gasen durch poröse Diaphragmen, wobei im allgemeinen eine teilweise Trennung der Dissociationsprodukte erfolgt, da deren Diffusion unabhängig von einander vor sich geht. Auf der einen Seite des Diaphragmas findet sich das eine, auf der andern das zweite Dissociationsprodukt im Ueberschuss.

Verdampft man in einem in der Mitte mit dichtem Asbestpfropfen abgeteilten Rohre Salmiak, so durchdringt das leichtere Ammoniak schneller als der Chlorwasserstoff den Pfropfen und daher reagirt das effundirte Gasgemisch, das Effusat, alkalisch, das auf der Seite des Salmiaks befindliche sauer, was sich durch rotes und blaues Lakmuspapier nachweisen lässt.

Litteratur: Bunsen, Gasometrische Methoden, 2. Aufl., Braunschweig 1877; Pebal, Liebigs Annalen 123, 199 (1862); Strauss, Exners Rep. d. Phys. 21, 501 (1884). *Abegg.*

Effusivgesteine, s. Eruptivgesteine.

Egalisirbank, s. Drehbank.

Egeran, s. v. w. Vesuvian.

Egge, ein in der verschiedensten Form beim Ackerbau verwendetes Spanngerät, bestimmt zur Verebnung des gepflügten Bodens, zur Zerkleinerung und Lockerung desselben, zur Vertilgung von

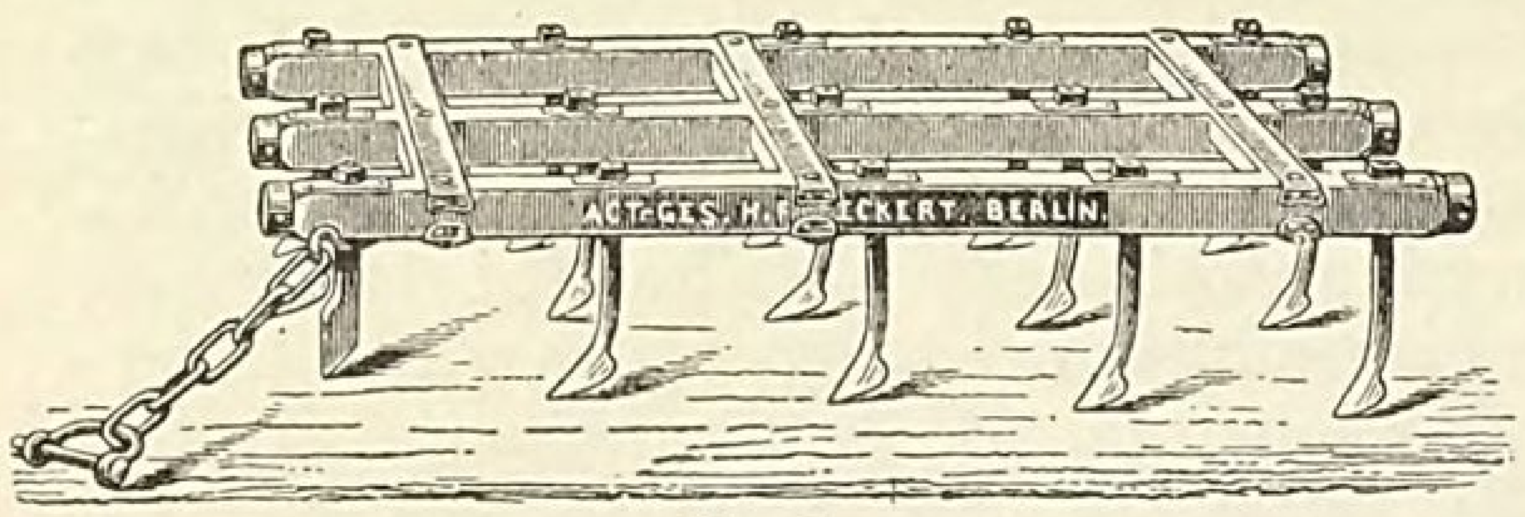


Fig. 1.

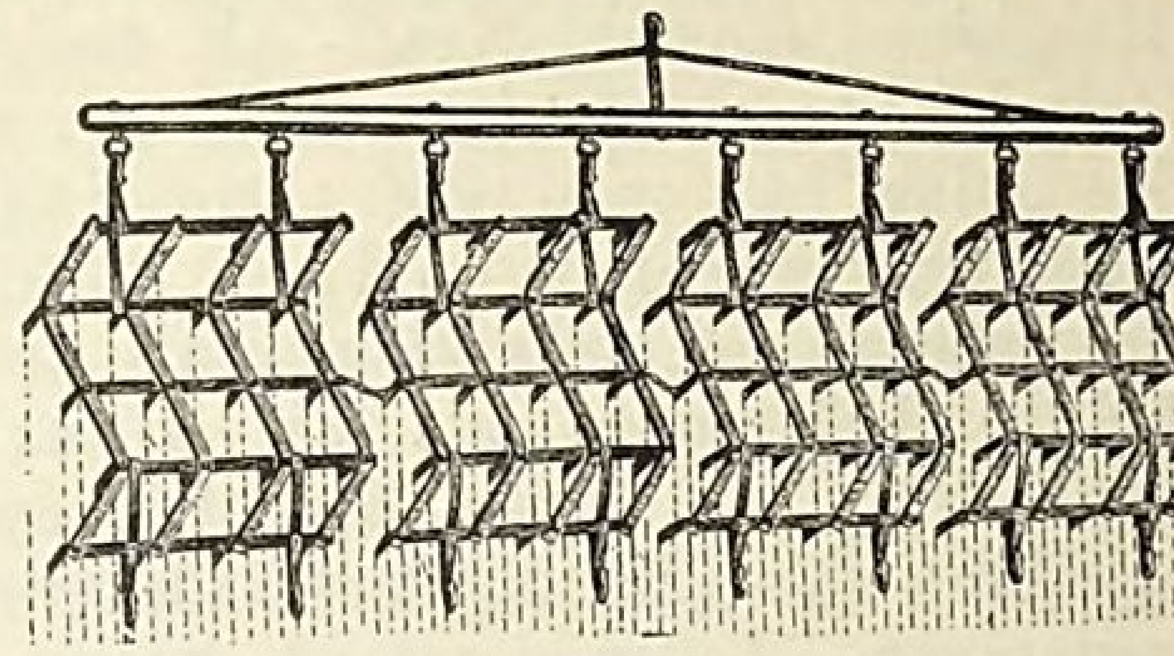


Fig. 2.

Unkraut, zum Unterbringen von künstlichem Dünger und Saatfrucht, zum Durcheggen von Wintergetreide und Wiesen. Aus diesen verschiedenen Zwecken, sowie der Verschiedenartigkeit des Bodens erklärt sich der grosse Unterschied in den einzelnen Formen. Die Egge besteht aus dem Eggenrahmen, den Zähnen, der Anspann- und event. der Transportvorrichtung. Ersterer ist aus Holz oder Eisen in verschiedener Grundform (Dreieck, Viereck, Kreis etc.) hergestellt und durch Schwingen verbunden; an beiden finden die Zähne ihre Befestigung. Diese wechseln nach Material, Form und Gewicht. Holzzähne sind vergänglich, sitzen nicht fest und taugen höchstens für oberflächliche Arbeit;



Fig. 3.

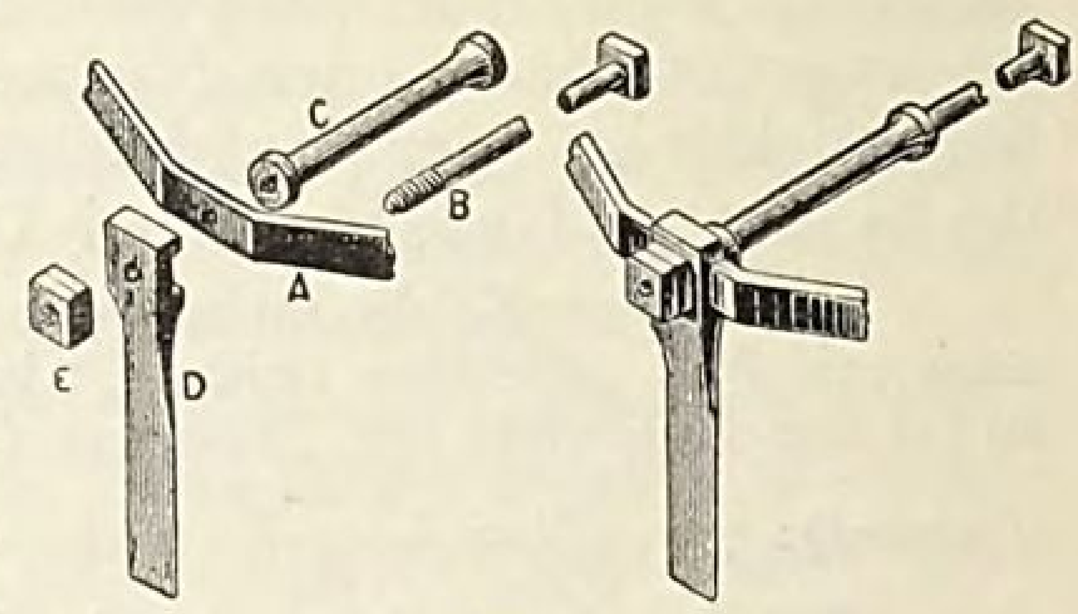


Fig. 4.

massive eiserne oder Stahlzähne, auch solche, aus Gussstahlröhren hergestellte, sind besser. Je grösser die Anzahl der Zähne, desto mehr Unterstützungspunkte erhält die Egge am Boden, desto seichter wird sie bei gleichem Gewicht eindringen. Für tiefe Bearbeitung werden Eggen mit nur wenigen Zähnen (ca. 12) gewählt, für seichte steigt die Zähnezahl bis zu 40. Die Einteilung der Zähne an der Egge soll so sein, dass zu beiden Seiten der idealen Zuglinie die gleiche Zahnzahl sich findet, dass jeder Zahn eine Spur für sich hinterlässt und die Spuren gleich weit von einander entfernt sind. Die Zähne, welche gleich lang sein sollen, werden senkrecht oder in einem Winkel von 60—80° zum Rahmen eingesetzt. Je nach Zweck und Boden wählt man das Gewicht mit 20—200 kg. Da sehr breite, starre Eggen sich dem Terrain nicht gut anschmiegen, lässt man sie aus mehreren Teilen bestehen (zusammengesetzte Eggen) oder sind auch die Schwingen beweglich (Glieder-Eggen).

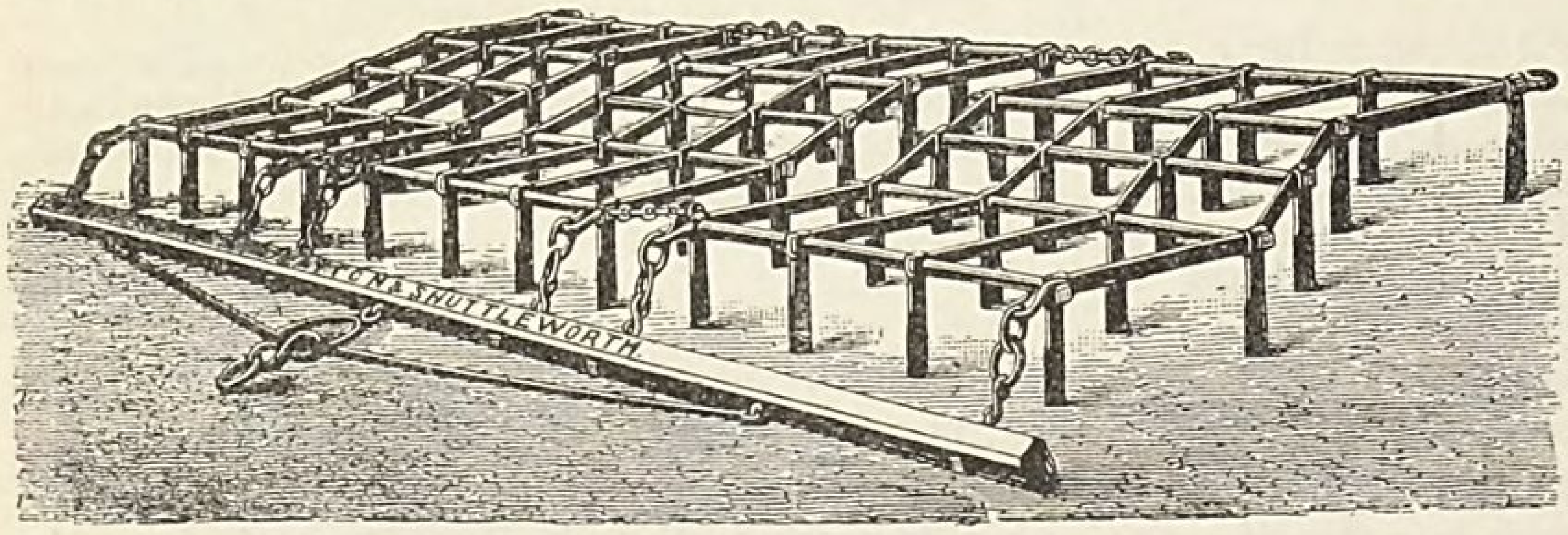


Fig. 5.

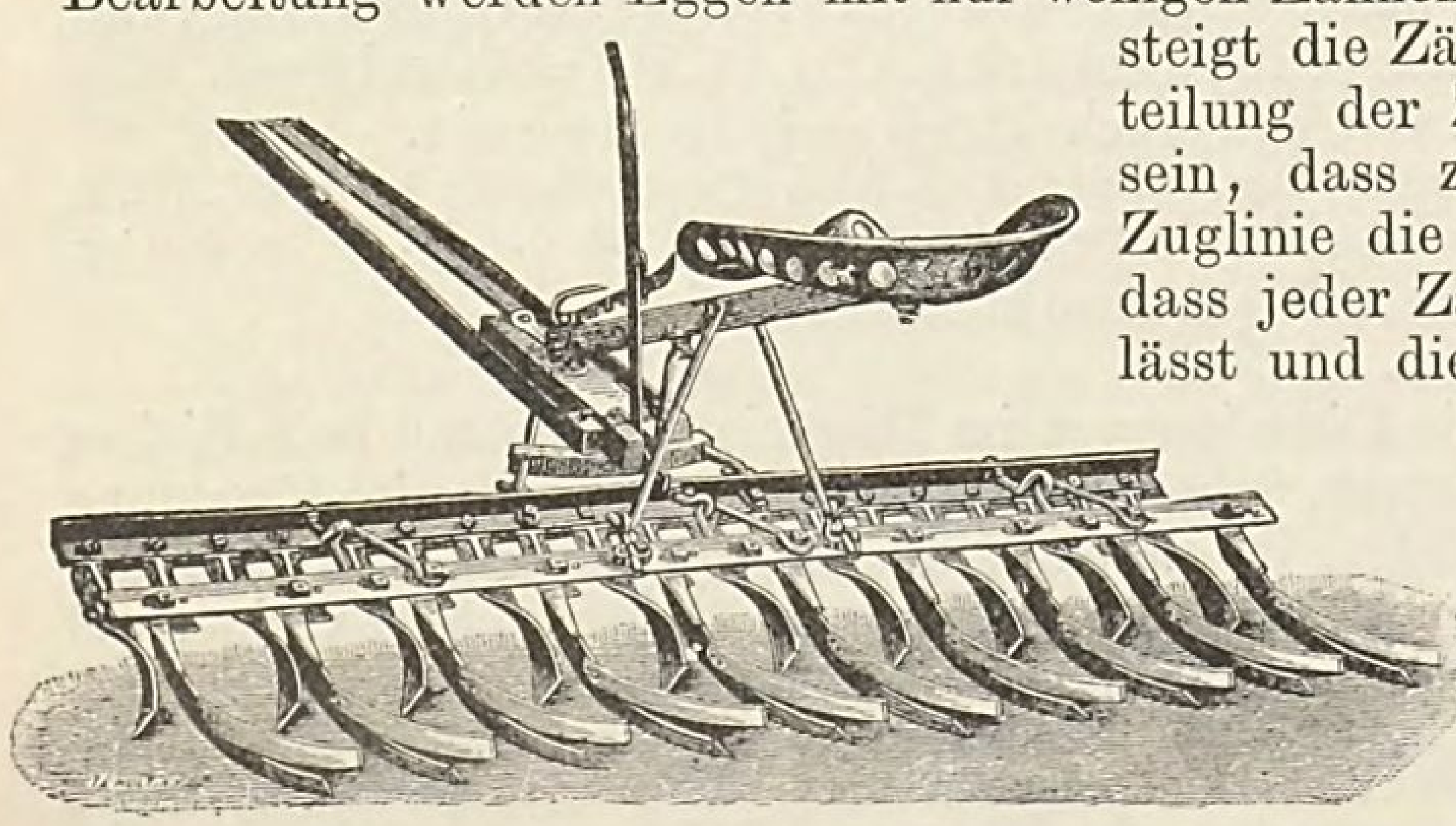


Fig. 6.

Die drei- oder viereckige Krümmeregge (s. Fig. 1) ist besonders geeignet zur tiefen Bearbeitung schweren Bodens, für etwas seichtere und feinere Zurichtung dienen die zusammengesetzten Eggen in der Grundform der Howard'schen Zickzackegge. Derselben ähnlich sind die Saateggen von Sack (Fig. 2) mit ihren eigenartigen Zähnen (s. Fig. 3). Bei den Rhomboidal- und Gelenkeggen, welche sich unebenem Terrain sehr gut anpassen, ist jeder Zahn für sich verschraubt; um nun die zahlreichen Schrauben zu vermeiden, das Lockerwerden der Zähne zu verhüten und das Abnehmen derselben zum Schärfen zu erleichtern, haben Clayton & Shuttleworth in Wien die Befestigung in der durch Fig. 4 erläuterten Weise gewählt. Es sind bei jeder Egge vier Zähne auf eine Stange geschoben und je durch ein Rohrstück *C* getrennt. Die Zähne *D* sind den Längsschienen *A* angepasst und so ist für vier Zähne nur eine Schraube nötig; sollen dieselben abgenommen werden, so wird letztere geöffnet, die Stange durchgezogen und die Zähne sind frei (Fig. 5). Eigenartig ist die amerikanische Acme- oder Perfekt-Egge (s. Fig. 6). Sie soll die Arbeit von Walze und Egge verbinden. Mittelst eines Hebels kann die Stellung der Stahlmesser mehr oder weniger steil gewählt werden, so dass die Egge tief schneidend oder planirend und seichtarbeitend wirkt. Auf steinfreiem und nicht zu hartem

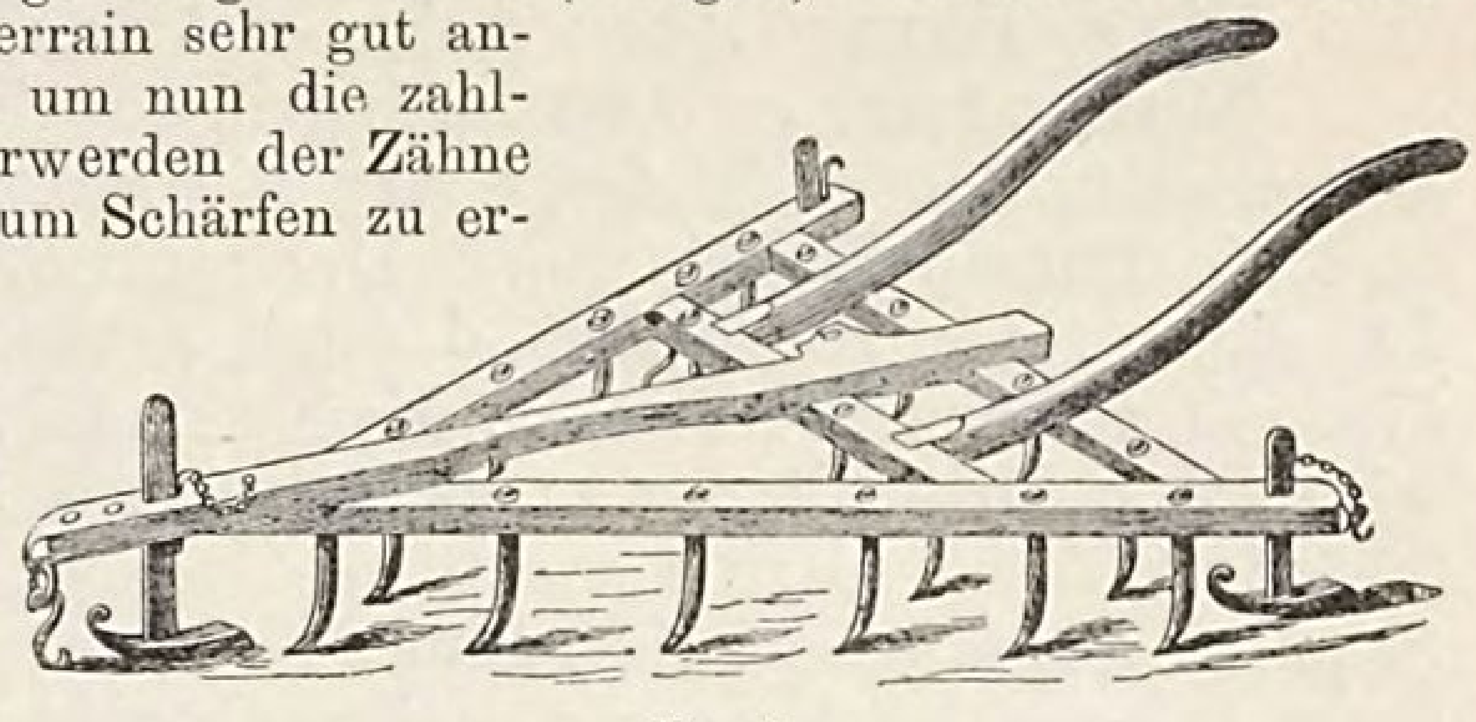


Fig. 7.

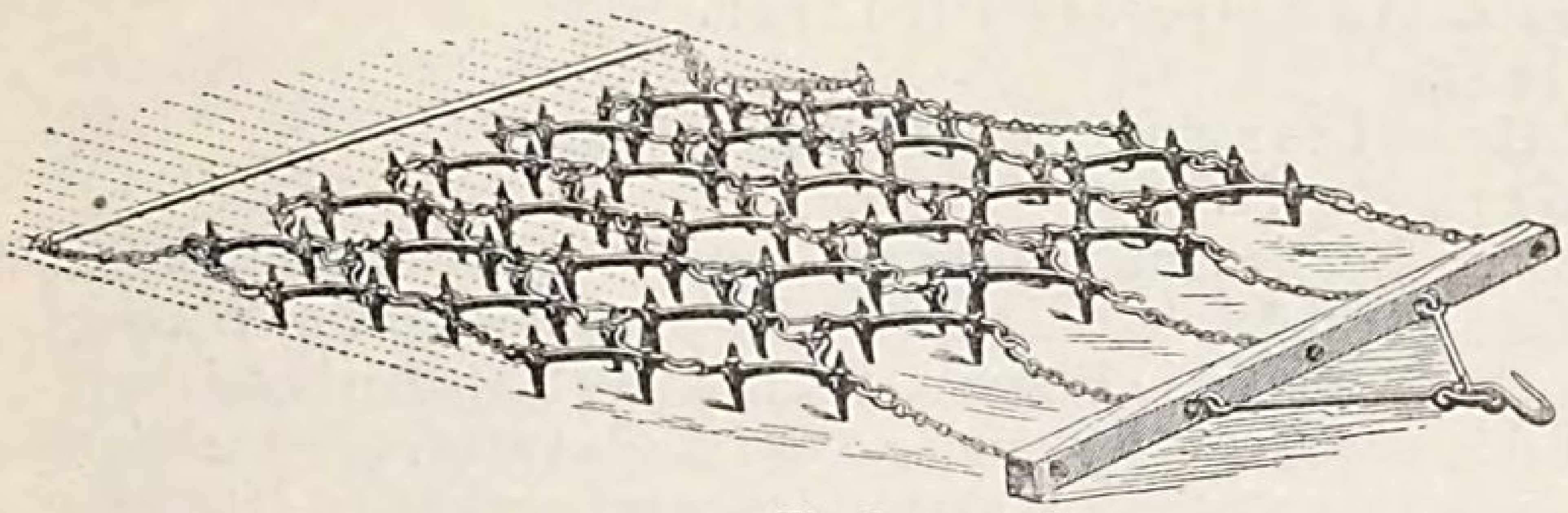


Fig. 8.

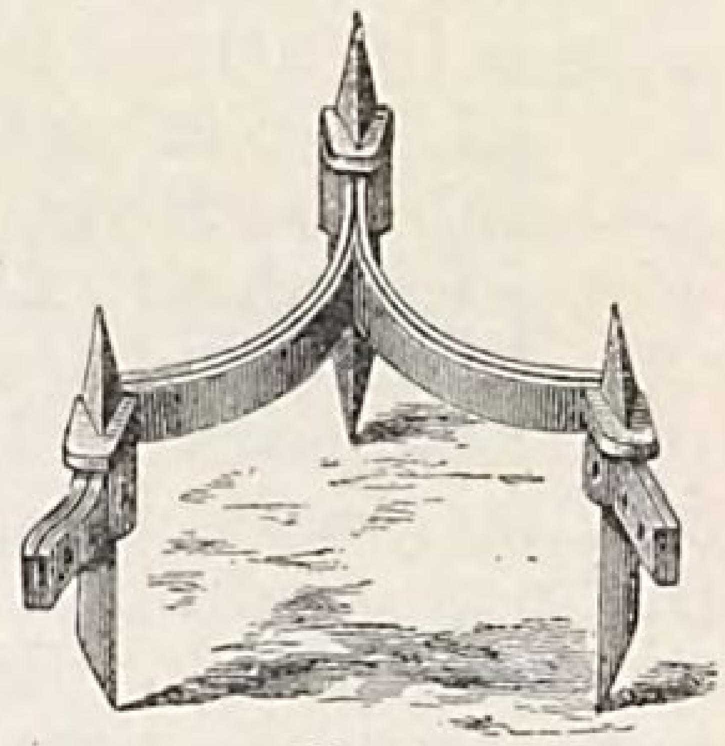


Fig. 9.

Boden ist die Arbeit gut, doch hat sich die Egge nicht sehr verbreitet wegen des hohen Preises (100—175 *M.*) und der schwierigen Reparatur. Für besondere Zwecke wird verwendet die Luzernegge (s. Fig. 7) zum Durcheggen der Luzern- und Esperfelder, sowie zur Bearbeitung schweren Bodens, dann die Wiesenegge, welche zum Reinigen der Wiesen von Moos und Maulwurfshaufen, sowie zum Verreiben von Kompost und kurzem Dünger mit Erfolg verwendet wird. Die einzelnen Glieder sind beweglich; am besten hat sich die Wiesenegge Patent Laake bewährt (s. Fig. 8). Bei derselben sind die einzelnen Zähne in die Doppelschiene eingeklemmt (Fig. 9) und nicht wie früher (Fig. 2) einzeln angeschraubt.

Litteratur: Braungart, Die Ackerbaugeräte, Heidelberg 1881. *Strebel.*

Eggemarmorpapier, ein durch Abziehen (s. Buntpapierfabrikation, Bd. 2, S. 772 und 779) hergestelltes Marmorpapier, bei welchem die Farbenverteilung so vorgenommen wird, dass die gleichen Farbentupfen wie die Bolzen einer Egge gegen einander liegen.

Eglomise-Malerei, eine Kunstmalerei hinter Glas, bei welcher die Schlussfarben zuerst auf die Rückseite des Glases aufgebracht werden, der Grund zuletzt. Den eigentlichen Hintergrund bildet eine Zinnfolie (s. a. Kunstgewerbe).

Nach Läthmer lässt sich diese ursprünglich chinesische Technik dadurch nachahmen, dass man das Bild in gewöhnlicher Weise auf eine Zinnfolie malt. Man kann dann das bemalte Staniolblatt wie beim Silberbelegen auf das Glas bringen oder mittelst eines farblosen Firnisses auf der Rückseite des Glases befestigen. Diese für kleine Kassetteneinlagen, in Spiegelrahmen sehr effektvolle Kunst wird noch erweitert, indem bestimmte Teile des Bildes vergoldet oder versilbert werden, z. B. die Gewandung, während Kopf und Fleischteile gemalt sind. Die Vergoldung wird auf Glas aufgetragen und die Zeichnung durch Wegradiren hergestellt; auf der Zinnfolie ist die entsprechende Farbe aufzutragen, welche durch die radirten Stellen sichtbar sein soll. Eine weitere Bereicherung kann in der Anwendung von farbigem Lack bestehen, der dem hinterlegten Staniol oder Teilen desselben lebhafte Farben verleiht. *Andés.*

Egoutteur, auch Stofffänger genannt, ein in der Papierfabrikation verwendeter Apparat, welcher hauptsächlich dazu dient, diejenigen Faserteilchen, welche durch das vom Fabrikationsprozesse abgehende Wasser mitgerissen werden, aufzufangen und zu gewinnen. Derselbe besteht in der Hauptsache aus einem sehr feinen Sieb geringster Maschenweite. S. Holzzeug und Papierfabrikation.

Egreniren, s. Baumwollspinnerei, Bd. 2, S. 73.

Egyptienne, lateinische Druckschrift (Antiqua) ohne feine Linien oder Ausläufer. S. Schriftarten.

Ehesaal, Raum in den Gemeinde- oder Rathäusern, in welchen der Akt der Zivilehe vorgenommen wird. Derselbe soll hell, feierlich und hinreichend gross sein (30—40 qm). Daneben sind ein oder mehrere Wartezimmer anzuordnen.

Ehre, Ehrn (Oehre, Aehre = Arena), s. v. w. Vorplatz, Hausflur, Diele.

Ehrenpforte, unterschieden in provisorische und monumentale. Die bedeutendsten Bauten letzterer Art, die sich aus den provisorischen entwickelten, sind die Triumphbögen (s. d.). Die provisorischen Ehrenpforten bestehen zumeist aus einem rohen Holzgerüst, das mit grünem Laub verdeckt erscheint und überdies mit Fahnen, Inschriften, Kränzen, Gipsstatuen, Trophäen u. dergl. dekorirt wird. Im Mittelalter war es gebräuchlich, Gruppen oder Einzelfiguren von lebenden Wesen so zu verwenden, dass sie einen sehr wirkungsvollen plastischen Schmuck des provisorischen Baues bildeten. Die meisten Ehrenpforten haben bloss einen grossen Durchgang; zuweilen aber erscheinen auch drei Pforten angeordnet: die mittlere grosse für den Festzug, die beiden zur Seite für Fussgänger.

Ehrensäule, s. d. Art. Denkmal, Bd. 3, S. 258. *v. Schubert.*

Ehrhardts Pulver, ein Gemenge von Kaliumchlorat, Salpeter, Kohle und Katechu, welches sowohl als Spreng- wie auch als Schiesspulver empfohlen worden ist. Ohne Bedeutung.

Ei, elektrisches, s. Geissler'sche Röhren.

Eibe, s. Nutzhölzer.

Eichenholz, s. Nutzhölzer und Schiffsbauhölzer.

Eichenrinde, s. Gerbstoffe.

Eichmarke, dient zur Bezeichnung eines bestimmten Wasserstandes. In der Regel wird durch diese die höchste zulässige Wasserspannung vor Wassertriebwerken oder sonstigen Stauanlagen in Flüssen, Bächen und Kanälen bezeichnet, mit dem Zweck, die Uferanstösser oder andere Wasserbenützungsberechtigte gegen die nachteiligen Folgen übermässiger Wasseranstauung zu schützen. Seltener dient die Eichmarke zur Bezeichnung sonstiger Wasserstände, z. B. der einzuhaltenden Mindesthöhe der Stauung, mit dem Zweck, einem abzweigenden Seitenkanal eine bestimmte Wassermenge zukommen zu lassen. Die durch die Eichmarke zu bezeichnende Wasserhöhe muss zuvor in rechtsgiltiger Weise (durch behördliche Konzessionirung, richterliches Urteil etc.) festgestellt worden sein; die im wasserpolizeilichen Verfahren alsdann erfolgende Setzung der Eichmarke bezweckt lediglich die öffentliche urkundliche Bezeichnung dieser Wasserhöhe mit strafrechtlicher Wirkung im Falle der Uebertretung. Als Eichmarke dient in der Regel ein am Mauerwerk der Stauanlage oder des Wassertriebwerks an gut sichtbarer Stelle befestigter eiserner Körper, am besten (wie in Baden) eine gusseiserne Platte mit einem für die Wasserhöhe massgebenden Querstrich, welche mittelst Holzdübeln und Schrauben am Mauerwerk befestigt wird; die Köpfe der Schrauben nehmen nach geschehener Befestigung eine Bleifüllung auf, welcher der amtliche Stempel aufgeschlagen wird, so dass ohne Verletzung des letzteren eine Veränderung des Standortes der Eichmarke nicht zu ermöglichen ist. Die Höhenlage der Eichmarke wird in Bezug auf eine genügende Anzahl fester, möglichst unveränderlicher, ausserhalb der Stauanlage befindlicher Punkte (Fixpunkte oder Rückmarken) urkundlich festgestellt. Statt der Eichmarke wird auch der Eichpfahl (Merk-Sicherheitspfahl) verwendet, welcher aus einem im Wasserbett gehörig befestigten hölzernen Pfahl besteht, dessen mit einer metallenen Haube verwahrte Kopffläche für die Wasserhöhe massgebend ist. *Drach.*

Eichmetall, unrichtige Schreibweise für Aichmetall (s. d.).

Eichordnung. Es ist unmöglich, die mechanischen Messinstrumente so herzustellen, dass sie vollkommen übereinstimmen; andererseits aber liegt es im öffentlichen Interesse aller Völker, dass wenigstens bei Massen und Gewichten die unvermeidlichen Fehler sich in möglichst engen Grenzen halten. Deshalb hat man eine internationale Vereinbarung, die sogen. Meterkonvention vom 20. Mai 1875, getroffen, nach welcher sich verschiedene Staaten (Argentinien, Belgien, Dänemark, Deutschland, Frankreich, Grossbritannien, Japan, Italien, Mexiko, Nordamerika, Oesterreich-Ungarn, Persien, Portugal, Russland, Schweden

und Norwegen, Schweiz, Serbien, Spanien, Türkei, Venezuela) verpflichtet haben, durch eine besondere, in Breteuil bei Paris ansässige Behörde eine Ueberwachung der dauernden Uebereinstimmung der vorhandenen Urmasse und Gewichte sowohl als auch die Anfertigung und Beglaubigung neuer Prototype der Einheitsmasse, des Meters und des Kilogramms, vollziehen zu lassen.

Die Länge des im Staatsarchive zu Paris aufbewahrten Platinstabes bei der Temperatur des schmelzenden Eises, das Meter, sollte der zehnmillionste Teil des Erdquadranten sein (vgl. Erdmessung); die Abweichung von dieser Dimension ist jedoch erheblich. Trotzdem ist das oben genannte Urmass die Basis für alle übrigen Masse; die den einzelnen Regierungen überantworteten beglaubigten Kopien dieser Basis heissen wiederum Urmasse oder Prototype. Die Länge des in Deutschland vorhandenen, aus Platin-Iridium hergestellten Prototypes beträgt 1,00000301 m. — Das Kilogramm ist ursprünglich gedacht als das Gewicht eines Kubikdezimeters destillirten Wassers von $+4^{0}$ C. (nach anderer Sprechweise als die „Masse" desselben, vgl. Dichtigkeit). Theoretisch wäre also mit der Aufstellung des Meters auch jene der Gewichtseinheit erledigt. Die obengenannte Kommission sieht aber bei Herstellung der Gewichtsprototype von der theoretischen Ableitung des Gewichts aus dem Längenmasse ab; sie stellt vielmehr die Kopien nach dem im Staatsarchive zu Paris befindlichen Urkilogramm aus Platin her, weil hiebei die Fehler kleiner werden, als sie bei der direkten Herstellung würden. Das im Besitze des deutschen Reichs befindliche Gewichtsprototyp ist ebenfalls aus Platin und wiegt 0,99999984 kg [1].

Diese, in jedem Staate nur einmal vorhandenen Prototype oder Normalmasse dienen zur Herstellung der Kontrollnormalen und Gebrauchsnormalen d. h. der eigentlichen Eichungsnormalien. Ueber die Handhabung des Vergleichs von zur Prüfung vorgelegten Massen mit diesen Normalien, über die Prüfung von Wagen etc. sowie über die bei diesen Vornahmen zu zahlenden Kosten etc. bestimmt die sogen. Eichordnung. Sie organisirt das für die Arbeiten erforderliche Personal und erteilt demselben die Instruktion für das Verfahren bei der Eichung (s. d.) und Stempelung. Eventuell werden auch Strafbestimmungen etc. aufgenommen. Wir verweisen bezüglich der gegenwärtigen Zustände des Eichwesens in dem uns benachbarten Auslande auf [2] und bemerken, dass die früher in Deutschland vorhandenen Zustände in [3] dargestellt sind.

Die für den norddeutschen Bund giltig gewesene Mass- und Gewichtsordnung dd. 17. August 1868 ist im wesentlichen auf das Deutsche Reich übergegangen. Die Instruktion für das Verfahren bei der Eichung und Stempelung ist vorgeschrieben durch die Eichordnung vom 27. Dezember 1884 und die Eichgebührentaxe vom 28. Dezember 1884; doch finden diese Verordnungen auf Bayern keine Anwendung. Die in Bayern geeichten Masse sind in dem übrigen Reichsgebiete ausgeschlossen. Der Gebrauch unrichtiger Masse ist untersagt. Durch Bekanntmachung des Bundesrats dd. 27. Juli 1885 sind die äussersten Grenzen der Massabweichungen, welche im öffentlichen Verkehre zu dulden sind, festgesetzt. Oberste Behörde im Reiche ist die kaiserliche Normaleichungskommission, in deren Händen sich auch die Mass- und Gewichtsprototype befinden; unter dieser stehen (Bayern ausgenommen) 23 Aufsichtsbezirke. In diesen Bezirken mit Eichungsinspektoren sind sodann die Eichämter verteilt (s. Eichung). Der Vorsteher derselben bewahrt die sogen. Kontrollnormale, eine Kopie des Prototyps; dem Vorsteher untergeordnet sind die Eichmeister, welche eichen und stempeln. — Elektrische Masse werden bis jetzt von den Eichämtern nicht geprüft; dagegen ist die physikalisch-technische Reichsanstalt hierzu befugt und verpflichtet. Ausser den üblichen Massen, Gewichten und Wagen, die im gewerblichen und Handelsverkehr gebräuchlich sind, unterliegen dem Eichzwang: Alkoholometer, Fässer und Gasmesser. Strafbefugnisse haben diese Behörden nicht; die Ueberwachung der Masse, Gewichte etc. bildet vielmehr eine Aufgabe der örtlichen Polizeiverwaltung. Der § 369, 2 des deutschen Strafgesetzbuchs setzt Strafen bis zu 100 *M.* oder Haft bis zu 4 Wochen auf den Gebrauch vorschriftswidriger Messwerkzeuge; ausserdem werden die letzteren eingezogen. Die Eichmeister müssen bei den von Zeit zu Zeit erfolgenden polizeilichen Revisionen technische Hilfe leisten.

Aehnliche Vorschriften [2] bestehen in ausserdeutschen Ländern; in Grossbritannien untersteht das Eichwesen dem Board of trade. Ueber die Entwicklung des Mass- und Münzwesens s. [3] und [4].

Litteratur: [1] Wille, Das metrische Masssystem und die neuen deutschen Urmasse. Berlin 1891. — [2] Severa, Das österreichische Eichwesen, Pilsen 1889; Oesterreichische Mass- und Gewichtsordnung dd. 23. Juli 1871; Oesterreichische Eichordnung und Gebührentarif dd. 19. Dezember 1872; Ungarische Mass- und Gewichtsordnung dd. 17. April 1874; Italien, Eichordnung dd. 23. August 1890 und 24. März 1892; Französ. Gesetz dd. 4. Juli 1837, Verordnungen dd. 17. April und 16. Juni 1839, Dekret dd. 26. Februar 1873. — [3] Hausschild, Zur Geschichte des deutschen Mass- und Münzwesens, Frankfurt a. M. 1861. — [4] Bopp, Die internationale Mass-, Gewichts- und Münzeinigung durch das metrische System, Stuttgart 1869.

Eichpfahl, s. Eichmarke.

Eichung heisst man die von einer zuständigen Behörde vollzogene Beurkundung der Thatsache, dass irgend ein Messinstrument den gesetzlichen

Vorschriften innerhalb der zulässigen Fehlergrenze entspreche (s. Eichordnung). Die Beurkundung erfolgt in der Regel durch Aufdrücken (bei Metallen) oder Aufbrennen (bei Holzwaren) eines Stempels, bei Glaswaren durch Einätzen eines Zeichens; derselben geht die Vergleichung mit den Normalien, die Prüfung der Wagen etc. voraus. Ergibt sich für ein der zuständigen Behörde (dem Eichungsamt, Eichamt etc.) vorgelegtes Messinstrument ein unzulässiger Fehler, so wird die Berichtigung desselben gewöhnlich dort gegen tarifmässig festgesetzte oder speziell zu vereinbarende Gebühren ausgeführt. — Im weitern Sinne versteht man unter Eichung auch die von Privaten oder Instituten vorgenommene Prüfung bezw. Beglaubigung der Richtigkeit von Angaben verschiedener, dem Eichzwange nicht unterliegender, zum Messen bestimmter Instrumente, insbesondere die Inhaltsbestimmung beliebiger Behälter, die Zuverlässigkeit von Wassermessapparaten etc. — Ueber Eichung der Schiffe s. den Art. Schiffsvermessung.

Eichungsamt, s. Eichordnung und Eichung.

Eidograph (Bildschreiber) sind gewisse Pantographen (Apparate zum Vergrössern, Verkleinern oder Kopiren beliebiger Zeichnungen) genannt worden. Der erste Pantograph dieser Art ist von Willis in Edinburgh 1821 hergestellt worden; das Instrument hat in neuerer Zeit, besonders durch Stanley in London, bedeutende Verbesserungen erfahren [1], ist aber in Deutschland, wo man sich neuerdings fast allgemein der Hängepantographen bedient (wohl zum teil wegen seines verhältnismässig hohen Preises, 240—320 *M.*) wenig bekannt geworden.

Litteratur: [1] Vergl. Stanley, Mathematical Drawing Instruments, 6. Aufl., London 1888, S. 131—139. *Hammer.*

Eieralbumin, s. Eiweissstoffe.

Eierbriketts, s. Brikettiren, Bd. 2, S. 696.

Eierfarben zum Färben der Schalen von Eiern in lebhaften Farbentönen bestehen aus Teerfarbstoffen, die selbstredend nicht giftig sein dürfen, mit einem ziemlich hohen Gehalt an Dextrin, einesteils um die Färbekraft der Farbstoffe besser auszunützen, andererseits um ein festeres Haften der Färbung zu erzielen.

Eierlampe, s. Tunnelbeleuchtung.

Eieröl, das Fett des Eidotters. Es ist dickflüssig, hochgelb, von angenehmem Geschmack und erstarrt rasch bei niederer Temperatur. Zur Gewinnung werden die Dotter hart gekocht, im Luftbad getrocknet und zwischen erwärmten eisernen Platten gepresst; Ausbeute 1,5 %. Das Oel wird sehr leicht ranzig. Man erhitzt es daher mit Alaunlösung längere Zeit auf 60° C. und bewahrt es sodann in gut verschlossenen Flaschen auf, wodurch ausreichende Haltbarkeit erzielt wird. Das Fett lässt sich auch mit Petroleumäther aus den Dottern ausziehen. Das Präparat besitzt die Eigenschaft, dem Haar und der Haut ausserordentliche Geschmeidigkeit zu verleihen, weshalb es zu kosmetischen Zwecken, namentlich aber in der Weissgerberei viel verwendet wird. — Das Eieröl des Handels ist häufig verfälscht.

Eierstab, s. Blattwelle (2. das Echinus-Kymation, Bd. 2, S. 429).

Eiflerkalk, ein der mittleren Devonformation angehöriger, hellgrauer, massiger, halb- bis ganz kristalliner Kalkstein (auch Dolomit), der in der Eifel bei Gerolstein, Hillesheim, Blankenheim, Prüm u. s. w. in mächtigen Schichten auftritt und zur Mörtelbereitung, Zementfabrikation, Düngung, sowie als Baustein in grossem Massstabe benützt wird. *Leppla.*

Eigelb, Abfallstoff bei der Herstellung von Eiweiss (s. Eiweissstoffe) für technische Zwecke, kommt als Industrieartikel gewöhnlich in flüssigem, konservirtem Zustande in den Handel und findet ausser zur Gewinnung von Eieröl (s. d.) bei der Fabrikation von Glacéleder ausgedehnte Verwendung, welches in einer Mischung von feinem Weizenmehl, in warmem Wasser gelösten Alaun und Eigelb gar gemacht wird.

Zur Herstellung von Eigelb bestimmte Dotter müssen zur Erhöhung der Haltbarkeit des Eigelb und des Leders sehr sorgfältig vom Eiweiss getrennt, ebenso die sogen. Hahnentritte entfernt werden. Für 1 kg flüssiges Eigelb sind 60—65 Dotter erforderlich. Je fetter das Eigelb, desto grössere Geschmeidigkeit erhält das Leder. Die dunkelgelben, sehr fettreichen Dotter aus russischen und ungarischen Eiern eignen sich am meisten für die Gewinnung von Eigelb. Für die Konservirung genügt die Beimengung von 12 % feinem Kochsalz, wodurch eine Widerstandsfähigkeit für Versand und Lager bei Verpackung in guten, dichten Fässern

für Monate erzielt werden kann. Setzt man dem Eigelb 5 % seines Gewichtes fein gepulvertes neutrales schwefligsaures Natron zu, so bleibt es ebenfalls lange brauchbar. Auf letztere Weise wird es namentlich in Frankreich konservirt und als Mucilage vorzugsweise nach England exportirt. — Betrügerische Zusätze von grösseren Mengen Kochsalz, Wasser, Oel, auch Mehl, kommen zuweilen vor.

Preis schwankend, zwischen *M.* 1.— und *M.* 1,5 pro kg, je nach der Jahreszeit und dem Wert des Rohmaterials. Bezugsquellen: W. Eug. Seemann, Stuttgart, von Effner, Passau.

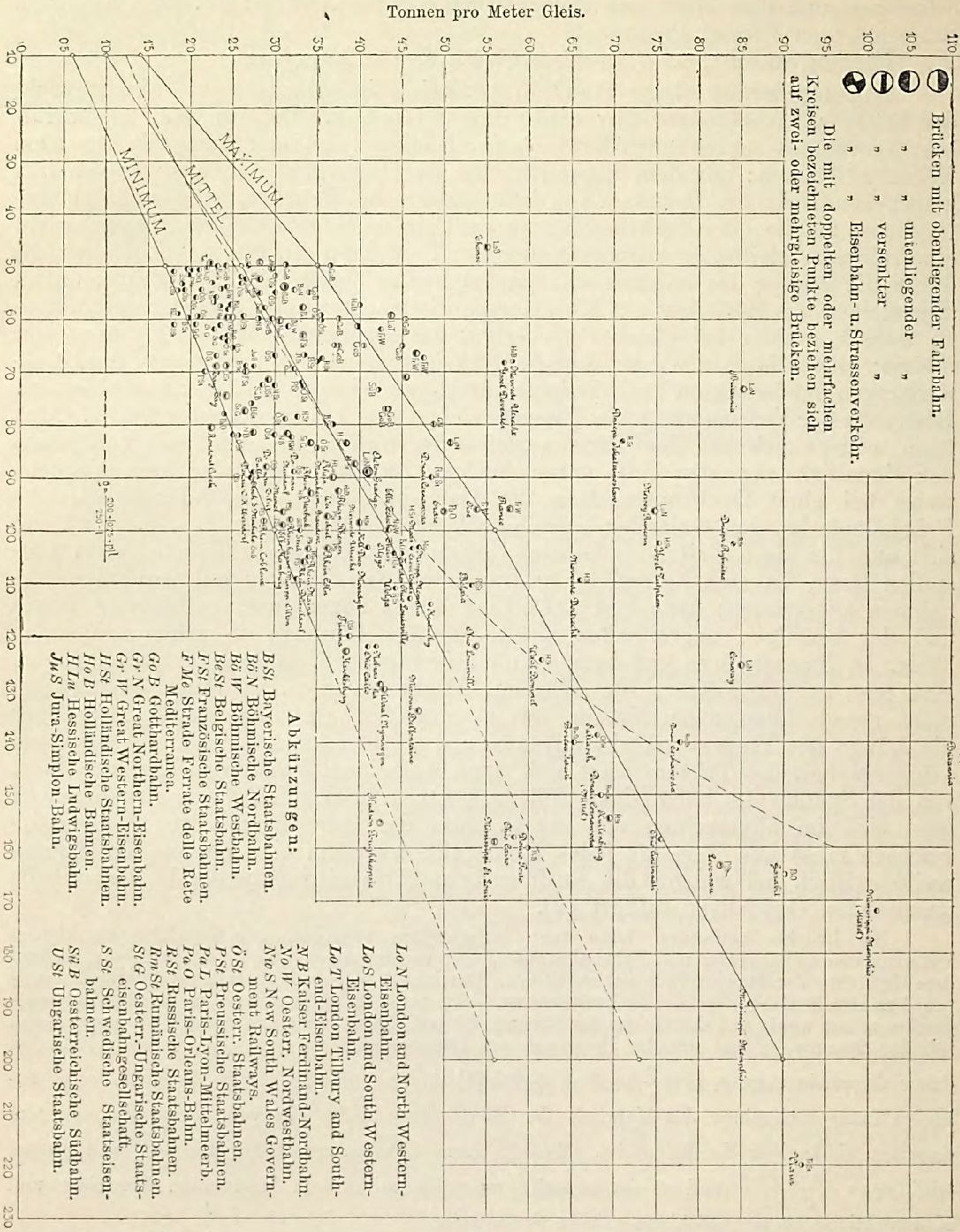
Eigengewicht, s. v. w. spez. Gew.; s. Dichtigkeit.

Eigengewicht einer Baukonstruktion im allgemeinen, Eigengewicht der Brücken, insbesondere der eisernen Brücken. Die von der Schwerkraft hervorgerufenen angreifenden Kräfte einer Baukonstruktion setzen sich aus zwei Teilen zusammen: aus dem Eigengewichte des Bauwerks und aus der von ihm getragenen Nutzlast. Letztere ist, insbesondere bei Brücken, eine zufällige, bewegliche, mobile oder Verkehrslast, zu welcher im Gegensatze das Eigengewicht eine ruhende, bleibende, permante oder tote Last darstellt. Da das Eigengewicht durch die Menge des aufzuwendenden Baustoffes bedingt ist, so wird man im allgemeinen aus Rücksicht auf Kostenersparnis trachten, eine solche Konstruktion zu wählen, welche bei gleicher Sicherheit das thunlichst geringste Eigengewicht besitzt; jedoch können wieder andere Rücksichten, namentlich jene auf die Stosswirkungen der bewegten Verkehrslasten (s. Dynamische Einwirkung) diesem Bestreben der Verringerung des Eigengewichts eine gewisse Grenze setzen. Man kann weiters zwischen dem Eigengewichte der nicht tragenden Teile und jenem der eigentlich tragenden Teile unterscheiden. Zu den ersteren gehören beispielsweise bei einer Dachkonstruktion die Dacheindeckung, bei einer Brücke die Fahrbahndecke, das Geländer, ausschmückende Verkleidungen u. s. w. Während sich nun für diese Teile das Gewicht schon im vorhinein ziemlich genau feststellen lässt, ist man bezüglich der tragenden Konstruktion auf vorläufige Annahmen angewiesen; denn erst auf Grund dieses angenommenen Eigengewichtes und der sonstigen angreifenden Kräfte ist das Bauwerk in seinen tragenden Teilen zu dimensioniren und daraus dann sein Eigengewicht genauer zu berechnen. Hat man es mit Trägern für Brücken, Dächer u. s. w. zu thun, so wird bei nicht gerade abnormalen Massen das gesamte Eigengewicht gleichmässig über die Länge des Trägers verteilt angenommen werden können. Das Gewicht pro Längeneinheit des Trägers setzt sich dann aus einem konstanten und aus einem von der Spannweite abhängigen Teile zusammen. Bezüglich dieser Abhängigkeit lässt sich im allgemeinen nur sagen, dass das Gewicht mit der Spannweite wachsen muss und dass für jedes Konstruktionssystem eine Grenze der Spannweite existirt, bei welcher die Ausführungsmöglichkeit infolge des ins Unendliche wachsenden Gewichtes aufhört [2].

Bei Brückenüberbauten kann man insbesondere zwischen dem Gewichte der Querkonstruktionen (Fahrbahn und Fahrbahnträger, Querverbindungen und Windverstrebungen) und dem Gewichte der Hauptträger unterscheiden. Bezeichnet man ersteres mit g_0, letzteres mit g_1 pro 1 m Brückenlänge, ferner die Verkehrslast mit p pro 1 m Brückenlänge, so wird erfahrungsgemäss g_0 nur wenig von der Grösse der Spannweite beeinflusst, wogegen g_1 ziemlich proportional mit der Spannweite und mit der Belastung pro Längeneinheit $(g_0 + g_1 + p)$ wächst. Man hat daher allgemein etwa $g_1 = \alpha \frac{\gamma}{s} (g_0 + g_1 + p) l$ [1], wenn γ das spezifische Gewicht, s die zulässige Inanspruchnahme des Materials der Hauptträger und α ein vom Konstruktionssystem derselben abhängiger Koefficient ist. Es folgt hieraus, wenn zur Abkürzung $\frac{1}{\alpha} \frac{s}{\gamma} = a$ gesetzt wird, $g_1 = \frac{(g_0 + p) . l}{a - l}$ und es ist sonach $l = a$ die mit einem bestimmten Materiale und Konstruktionssystem erreichbare grösste Spannweite.

Es ist aber nicht zu übersehen, dass die obige Gewichtsformel die Abhängigkeit des Eigengewichts von der Spannweite nur in sehr angenäherter Weise zum Ausdrucke bringt, und dass, streng genommen, vielmehr für jedes Trägersystem eine besondere Gewichtsformel aufgestellt werden müsste. Dies kann mit mehr oder minder grosser Schärfe geschehen, indem man aus den rechnungsmässigen Spannungen eines Trägers sein theoretisches Volumen berechnet und dieses als Funktion der Belastung und noch besonderer konstruktiver Verhältnisse, wie Form der Gurtungen, Verhältnis der Trägerhöhe zur Spannweite, Anordnung der Ausfachung, Lage der Fahrbahn u. s. w. ausdrückt. Derartige Untersuchungen [3], [4], welche naturgemäss zu komplizirten Formeln führen, sind insbesondere für die Aufstellung von Regeln für zweck-

mässige Trägeranordnungen wichtig und wertvoll; sie geben aber nicht unmittelbar brauchbare Gewichtsformeln, weil das wirkliche Trägergewicht von dem theoretisch erforderlichen Minimum immer abweichen wird. Diese Abweichung, bezw. Vergrösserung des Gewichtes ist bedingt bei genieteten Konstruktionen durch die Zuschläge wegen der Schwächung durch die Nietlöcher, wegen der Stossdeckungen und Stabanschlüsse, dann durch die notwendige Vergrösserung der Querschnitte der auf Knickung beanspruchten Teile u. s. w.



Das Verhältnis des wirklichen Trägergewichts zu dem theoretischen Gewichte bestimmt den sogen. Konstruktionskoefficienten (s. d.). Dieser ist vom System, von der Spannweite und von der Konstruktionsweise abhängig und eigentlich auch für die einzelnen Teile der Träger und des Ueberbaues (Gurtungen, Ausfachung, Querkonstruktionen) verschieden gross. Da man sonach auch hier auf den Vergleich mit den Gewichten ausgeführter Brücken angewiesen ist, so ist für die vorläufige Annahme des Eigengewichtes der Brückenüberbauten zum

Zwecke der statischen Berechnung die Benützung einfacher empirischer Formeln vorzuziehen. Zur Aufstellung solcher Formeln gelangt man, wenn man die Gewichte ausgeführter Brückenüberbauten nach Gruppen gleichartiger Konstruktionen gesondert in ein Diagramm über den Spannweiten als Abscissen einträgt, wie dies in der S. 548 stehenden, einer Zusammenstellung von v. Leber [5] entnommenen Figur für eiserne Eisenbahnbrücken geschehen ist. Man findet, dass selbst für die nämliche Spannweite und ähnliche Konstruktionssysteme ziemlich weit aus einander liegende Gewichtszahlen bestehen.

Brauchbare Durchschnittswerte für die Gewichte eiserner Brücken, wenigstens innerhalb der Spannweiten von 20 bis 100 m, liefert die von Schwedler [1] aufgestellte Formel $g = g_0 + \frac{g_0 + p}{250 - l} . l$, worin wieder g_0 das Gewicht der Querkonstruktionen und p die Verkehrslast pro Meter Brückenlänge bezeichnet. Für Eisenbahnbrücken kann im grossen Durchschnitte für Hauptbahnen $g_0 = 800 + 3\,l$ und für Nebenbahnen $g_0 = 730 + 3\,l$ in kg pro Meter Gleis angenommen werden, womit unter Zugrundelegung obiger Formel und der für Haupteisenbahnen nach der österreichischen Brückenverordnung geltenden Verkehrslasten (s. d.) die in dem beistehenden Diagramm eingetragene strichpunktirte Linie erhalten wird. Ausführliche, nach Trägersystemen getrennte Nachweise über die Gewichte eiserner Bahnbrücken gibt Seefehlner [6] und werden von ihm auch Formeln und Tabellen zum Veranschlagen der Brückengewichte, und zwar nach den Hauptsystemen der Balkenträgerbrücken gesondert, aufgestellt. Innerhalb gewisser Intervalle der Spannweite und für die gewöhnliche Fahrbahnordnung der Eisenbahnbrücken (Holzschwellen ohne Schotterbettung) genügt auch die einfache Gewichtsformel $g = a + bl$ und zwar ergibt sich als Mittelwert aus der Zusammenstellung einer grossen Zahl ausgeführter Eisenbahnbrücken:

für Spannweiten von $l = 10 - 50$ m $\quad g = 600 + 40\,l$

„ „ „ $l = 50 - 100$ „ $\quad g = 900 + 34\,l$

kg pro Meter Gleis. Bei sparsamer Konstruktion dürften sich im allgemeinen etwas geringere Gewichte erzielen lassen. Engesser [7] setzt das Gewicht einer Eisenbahnbrücke zwischen 10 und 100 m Stützweite in kg pro laufenden Meter Gleis $g = 650 + 24{,}5\,l + 0{,}11\,l^2$.

Für das Gewicht der Strassenbrücken lassen sich wegen der verschieden schweren Fahrbahnanordnungen und Belastungen generelle Durchschnittswerte nicht leicht angeben. Für die Unterabteilungen mit leichter und schwerer Fahrbahn, leichtem, schwerem und sehr schwerem Verkehr sind Formeln von Engesser [8] und Seefehlner [6] aufgestellt worden; auch kann die oben angeführte Schwedler'sche Formel benützt werden, wenn man vorher das Gewicht g_0 der Querkonstruktionen auf Grund einer Projektskizze ermittelt hat. Die Einflussnahme des Trägersystems und sonstiger konstruktiven Anordnungen, wie Lage der Fahrbahn etc., auf das Gesamtgewicht der Brücken wird unter Eiserne Brücken besprochen. Vergl. auch Dimensionenberechnung.

Litteratur: [1] Schwedler, Eigengewicht eiserner Brücken, Zeitschrift für Bauwesen, 1861, S. 307; 1862, S. 300; 1863, S. 115. — [2] Baker, Long span railway bridges, in der Uebersetzung von Melan „Ueber das Gewicht verschiedener eiserner Brückenkonstruktionssysteme bei grossen Spannweiten“, Zeitschr. d. österr. Ingen.- u. Arch.-Vereins, 1876, S. 151. — [3] Winkler, E., Gewicht der Brücken mit Balkenträgern, Anhang zur 1. Aufl. von „Eiserne Brücken“, Heft 4, „Querkonstruktionen“, Wien 1879; ferner vom selben Verfasser Kap. 14 der 1. Aufl. des Bd. 2 „Brückenbau“ des Handbuchs der Ingen.-Wissenschaften. — [4] Melan, Gewichtsformel für Bogenbrücken, Handbuch der Ingen.-Wissenschaften, Bd. 2, Brückenbau, Abt. 4, S. 210. — [5] v. Leber, Construction and tests of metallic bridges, Bericht zur Frage 4, Internat. Eisenbahnkongress, London 1895. — [6] Seefehlner, Beiträge zu den bei eisernen Balkenbrücken vorkommenden Berechnungen, Allgemeine Bauzeitung 1893. — [7] Engesser, Eigengewicht eiserner Fachwerksbrücken mit parallelen Gurtungen, Zeitschrift für Bauwesen, 1878, S. 203. — [8] Engesser, Eigengewicht von Strassenbrücken, Zeitschrift für Baukunde, 1881, S. 63.

Melan.

Eigenlöhner (Eigenlehner), s. Bergrecht, Bd. 2, S. 259.

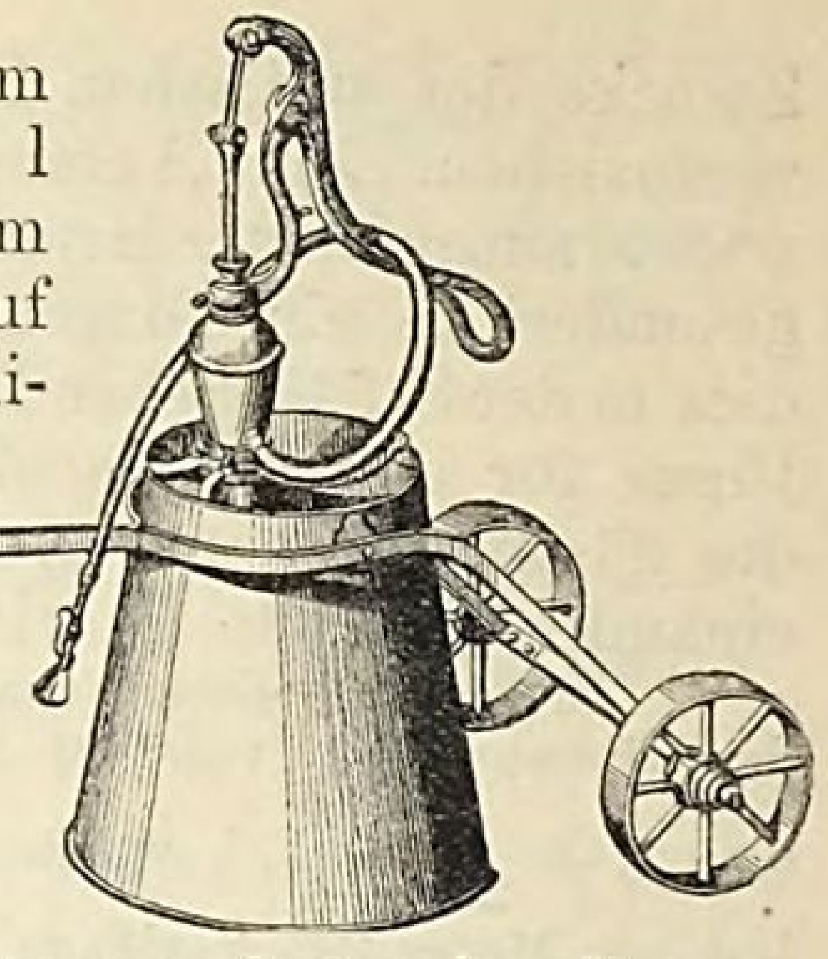
Eikonogen (Bilderzeuger) ist einer von den vielen photographischen Entwicklern oder Hervorrufern, welche die Aufgabe haben, das auf photographischen Gelatinplatten in der Camera durch Linsen erzeugte unsichtbare Bild hervorzurufen, d. h. sichtbar zu machen. S. Photographie.

Eimer, Gefäss mit Bügel zum Tragen; auch ehemaliges Flüssigkeitsmass:

In Preussen = 1/2 Ohm = 68,70 l, in Bayern = 1 Schenkeimer = 60 Mass = 64,142 l, in Sachsen = 72 Dresdener Kannen = 67,36 l, in Württemberg und Hohenzollern = 293,93 l, in Oesterreich-Ungarn = 54,137 l, in Hamburg, Mecklenburg und Schleswig-Holstein = 1/5 Ohm (s. d.), in der Schweiz = 1/4 Ohm.

Eimerkettenbagger, s. Bagger, Bd. 1, S. 707.

Eimerkunst, s. v. w. Becherwerk (s. d.).



Eimerspritzen werden in Höfen und Gärten zum Besprengen benützt und bestehen aus einem 30—100 l Wasser haltenden Gefäss (gewöhnlich von Zinkblech) zum Tragen oder auch fahrbar eingerichtet, mit einer darauf montirten kleinen Saug- und Druckpumpe mit Gummischlauch und Strahlrohr. Preis einer Eimerspritze, ca. 40 l haltend, fahrbar, 60 *M.* nach dem Katalog der Deutschen Wasserwerksgesellschaft (Nachf. H. Breuer & Cie.) in Höchst a. M.

Eimerwerk, s. Becherwerk.

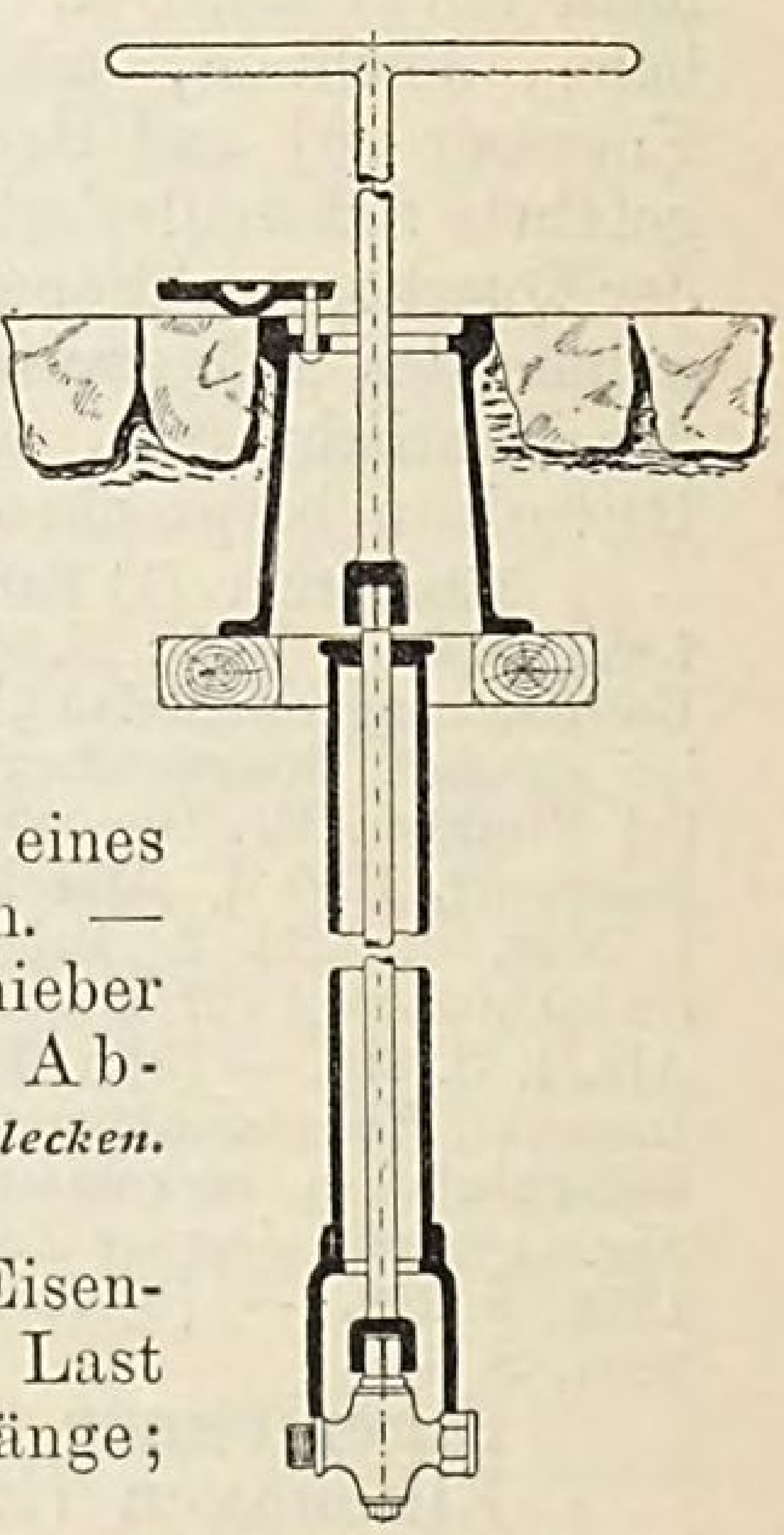
Einäschern, s. Asche, B. 1, S. 464.

Einarmiger Anker, s. Schiffsanker.

Einbadfärberei, die Herstellung einer Farbe auf dem zu färbenden Fasermaterial durch Bewegen desselben in der alkalischen (Echtschwarz *BS* der Bad. Anilin- und Sodafabrik, St.-Denis-Rot), neutralen (basische Farbstoffe, direkte Baumwollfarbstoffe, Beizenfarbstoffe) oder sauren (saure Farbstoffe) Lösung bezw. Suspension des Farbstoffes bei gewöhnlicher oder höherer Temperatur. — In gewissen Fällen kann die Fixirung eines Farblackes auf der Gespinnstfaser in einem Bade dadurch herbeigeführt werden, dass man letzterem den Beizenfarbstoff und die Beize nebst so viel einer Säure zusetzt, dass sich der Farblack löst bezw. dessen Bildung zunächst unterbleibt, ohne dass jedoch die in die kochende Lösung eingetauchte Wollfaser an der Absorption des Farblackes verhindert wird. Farbstoffe der Art liegen in der Kochenille und dem Flavin vor. — Einige Beizenfarbstoffe, welche die oxydirende Wirkung der Chromsäure nicht verändert, wie Alizarin, Isopurpurin, Flavopurpurin, deren Sulfosäuren (Alizarin *S*, 2 *S*, 3 *S*) und die meisten Azokörper dieser Gruppe können im Gemisch mit Alkalibichromat und Weinstein, Oxalsäure oder Schwefelsäure auf Wolle unter Bildung guter Farben befestigt werden. *R. Möhlau.*

Einbanddecke, s. Buchbinderei.

Einbatschen, s. Jutespinnerei.



Einbaugarnituren, Vorrichtungen, um die in die Erde eingebauten Schieber, Ventile und Hähne jederzeit von oben mittelst eines Schlüssels öffnen und schliessen zu können; sie bestehen aus einer mit der Schieber-(Ventil-)Spindel fest verbundenen, bis nahe an die Strassenoberfläche heraufgehenden schmiedeeisernen Schlüsselstange mit oben aufgesetztem Vierkant, einem die letztere umgebenden, in der Regel gusseisernen Schutzrohr und einer gusseisernen Strassenkappe, letztere mit abnehmbarem Deckel versehen. Zum Oeffnen und Schliessen der Ventile bedient man sich eines Schlüssels, wie in nebenstehender Zeichnung angegeben. — Komplete Einbaugarnituren kosten für Strassenabsperrschieber 10—15 *M.*, für Privatabsperrventile 7—8 *M.* Vgl. auch Absperrschieber, Absperrventile. *Blecken.*

Einbaum, s. Fahrung.

Einbiegen (Wegbiegen) eines Holzes, Balkens, Eisenträgers etc. unter der eigenen oder einer aufgebrachten Last ist die Folge ungenügender Stärke bei zu grosser Länge; s. Festigkeit, Biegung, Bruch.

Einbinden, 1. Eingreifen von Mauersteinen einer neu aufzuführenden Mauer in entsprechende Oeffnungen einer alten bestehenden; 2. die Maueranschlüsse mit Kehlblechen oder, wie die Hohlziegel der First- und Gratabdeckung eines Ziegeldaches, mit Mörtel bestechen und verstreichen; 3. Umbinden eines Holzes mit Stricken beim Aufziehen; 4. Verwahren eines Hausteines mit Strohbäuschen; 5. bei Messungslinien, das Verfahren, die Lage untergeordneter Linien durch Einmessung ihrer Endpunkte in übergeordneten Linien zu bestimmen (vergl. Liniennetz und Stückmessung).

Einblasköpfe, s. Lüftung geschlossener Räume.

Einblattung, Holz- oder Eisenverbindung, 1. mit tief eingeschnittenem Blatt; 2. in der Längsrichtung gehende, langgestreckte Blattung (s. Verblattung).

Einbrechen der Erze, beim Bergbau s. v. w. vorkommen.

Einbrennen, in der Lederfabrikation, bei Geschirr- und Riemenledern vorgenommen, um denselben eine gewisse Menge Talg einzuverleiben. Der geschmolzene und auf 70—100 ° C. erhitzte Talg wird in einem hocherwärmten Trockenraum auf die erwärmten und mit der Fleischseite nach oben ausgebreiteten Leder aufgetragen. Nachdem genügend Talg eingezogen ist, werden die Leder in kaltes Wasser geworfen, damit das Fett sofort im Leder erstarrt.

Einbruch. Bei allen bergmännischen Arbeiten ist es als wichtigster Grundsatz zu bezeichnen, dass der Gewinnung der vollen Profilfläche stets eine Lösung der Vorspannung des Gesteins vorangehen, in erster Linie also möglichst viele freie Flächen beschafft werden müssen. Da sich nämlich im allgemeinen der Arbeitsaufwand verhält wie die Quadrate der (einem gleichen Volum entsprechenden) loszutrennenden Flächen, so soll man bei jeder Gewinnungsarbeit nach der Gewinnung solcher freien Flächen streben und die als solche vorhandenen Gesteinsablösungen, Klüfte und Schichten für einen vorteilhaften Angriff, sei dies nun für die Hereinbrechearbeit oder die Sprengarbeit benützen. Damit ist das Wesen des Einbruchs gekennzeichnet, gleichviel bei welcher bergmännischen Gewinnungsarbeit er zur Anwendung gelangt. Im geschichteten Gebirge eines Feldortes (s. d.) wird man den Einbruch höher legen, wenn die Schichten vom Ort herein, also auf den Häuer zu fallen, tiefer dagegen, wenn sie in das Feldort hinein, also vom Häuer weg fallen, weil sich dadurch die oberen Schichten besser lösen lassen. *von Oer.*

Einbuffersystem, auch Zentralbuffersystem, ist durch die Anwendung eines einzigen, an jeder Stirnseite des Wagens in dessen Längsaxe bezw. in der Mitte der Kopfschwelle angebrachten Buffers (s. d.) gekennzeichnet. Es bietet die Vorteile, dass Zug und Druck in der Mittellinie des Fahrzeuges erfolgen, die Kupplung der Wagen minder gefährlich und die Anbringung selbstthätiger Kupplungen leichter möglich ist. Das Einbuffersystem hat in Europa nur auf Bahnen untergeordneter Bedeutung, namentlich auf Schmalspurbahnen, Anwendung gefunden, ist aber in Amerika weit verbreitet. *Alfred Birk.*

Einbund, 1. Binder oder Strecker aus Werksteinen; 2. Stein, welcher beim Einbinden (s. d.) in die Verzahnungen oder Vertiefungen einer bestehenden Mauer eingreift.

Eindeckschiff, s. Kriegsschifftypen.

Eindeckung, Aufbringen des Deckmaterials auf die Lattung oder Schalung des Daches (s. Dachdeckung).

Einengen, in der chemischen Technik s. v. w. Abdampfen (s. d.).

Einfacher Balken, s. Balken, einfache, und Balkenfachwerke.

Einfacher Bogen, s. Bogen, einfache, und Bogenfachwerke.

Einfacher Falz, s. Blechbearbeitung.

Einfacher Mechanismus, s. Mechanismen.

Einfaches Fachwerksystem, s. Fachwerke (einfachen Systems).

Einfache Träger sind Träger mit einer Oeffnung, also nicht mehr als zwei Stützen. S. Träger.

Einfache Vernietung, s. Nietverbindungen.

Einfach-Schwefelkupfer, s. v. w. Kupfersulfid (s. d.).

Einfach-Seitenkipper, s. Erdtransportwagen.

Einfahren, in der Baumwollspinnerei (s. d.).

Einfahrt, Thoröffnung einer Einfriedigung, eines Gebäudes und dergl. (s. Durchfahrt). — Einfahrt im Bergbau, s. Fahrung.

Einfahrtssignal, Signal, mittelst dessen den Zügen die Einfahrt in Bahnhöfe gestattet wird. Gleichbedeutend mit Abschlusssignal (s. d.).

Einfallen, s. v. w. Fallen; s. Erzlagerstätten.

Einfallendes Licht, s. v. w. Lichtschacht, dient zur Erhellung von Räumen, welche von der Seite her kein Licht erhalten können (s. Oberlicht, Lichthof).

Einfamilienhaus, s. Arbeiterwohnhäuser, ländliche.

Einfassen, 1. in der Schlosserei = eine Oeffnung mit Rand versehen; 2. s. v. w. umfassen, bekleiden.

Einfassung, Bekleidung einer Oeffnung, eines Wand- oder Deckenfeldes, meist mit einer Reihe von kleinen Gliedern, welche sich gegen die zu umrahmende Fläche einwärtsziehen und verjüngen.

Einfassungsmauer, Einfriedigungsmauer, Umfassung eines Geländes, Hofs oder Gartens etc.

Einflussfläche oder Influenzfläche, s. Einflusslinien.

Einflusslinien (Influenzlinien). Lässt man eine Last $P = 1$ auf einem Träger nach einander alle Lagen einnehmen und trägt zu jeder Abscisse a den für diese Lage entstehenden Beitrag der Last 1 zu irgend einer Einwirkung B (Moment, Stabkraft, Einsenkung, Stützenreaktion u. s. w.) als Ordinate an (Fig. 1), so entsteht eine Influenzlinie oder Einflusslinie von B. Eine bei a liegende Last P liefert zu B den Beitrag Pb, wenn b die Ordinate der Influenzlinie bei a bezeichnet, und als Beitrag einer beliebigen Lastenfolge zwischen Punkten der Abscissen v und w hat man:

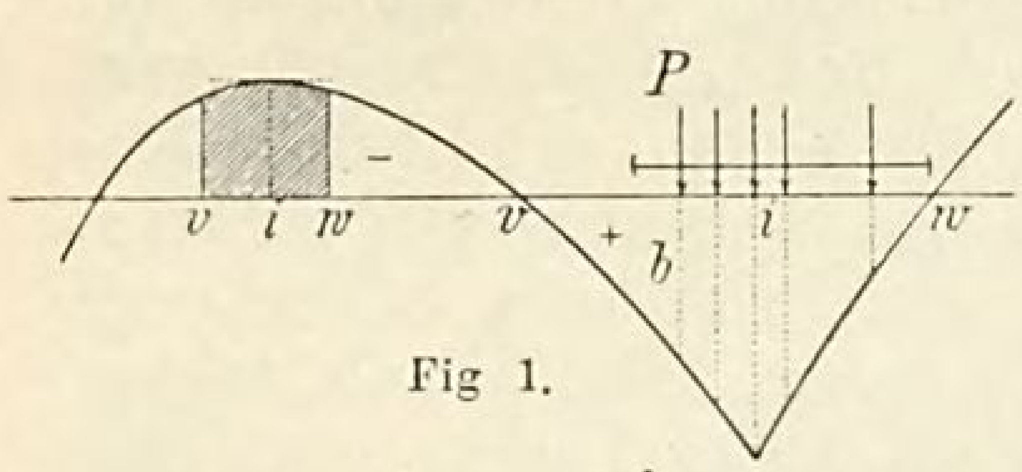


Fig. 1.

$$B = \sum_v^w Pb, \qquad 1.$$

es sind also einfach die Lasten mit den Ordinaten der Influenzlinie bei ihren Angriffspunkten (Fig. 1) zu multipliziren und diese Produkte zu summiren. Verfährt man so mit allen Lasten auf dem Träger, so erhält man den ganzen Wert der Einwirkung B. Ist die Belastung auf einer Strecke von v bis w gleichmässig verteilt, so folgt ([9], S. 29):

$$B = pF, \qquad 2.$$

worin p die Belastung per Längeneinheit, F die Influenzfläche (Einflussfläche) zwischen den Ordinaten bei v und w bezeichnen (in Fig. 1 schraffirt).

Ist der allgemeine Ausdruck einer Grösse B für beliebige Belastung gegeben, dann entsteht obiger Definition zufolge die Influenzlinie von B, wenn man bei jeder Abscisse a die Ordinate b gleich dem Faktor macht, mit welchem P für diese Stellung a im Ausdrucke von B multiplizirt erscheint. Für den gewöhnlichen horizontalen Balkenträger mit beiderseits frei drehbaren Enden (s. Balken, einfache, Bd. 1, S. 764) beispielsweise entstehen durch beliebige, bei Abscissen a auf den Träger kommende Lasten die Stützenreaktionen bei 0 und l:

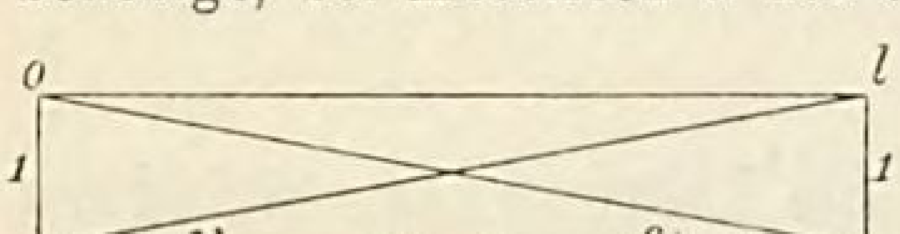
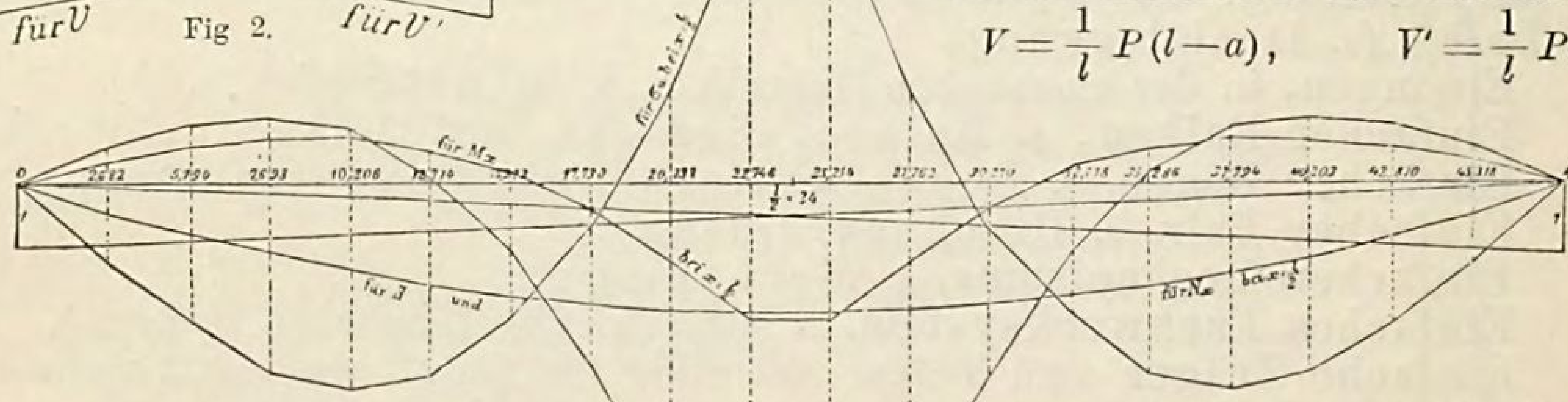


Fig. 2.

$$V = \frac{1}{l} \sum_0^l P(l-a), \quad V' = \frac{1}{l} \sum_0^l Pa.$$

Für eine Einzellast P bei a hat man also

$$V = \frac{1}{l} P(l-a), \qquad V' = \frac{1}{l} Pa,$$


Fig. 5.

wonach mit $P = 1$ die Gleichungen der Influenzlinien

für V $b = \frac{l-a}{l}$, für V' $b = \frac{a}{l}$.

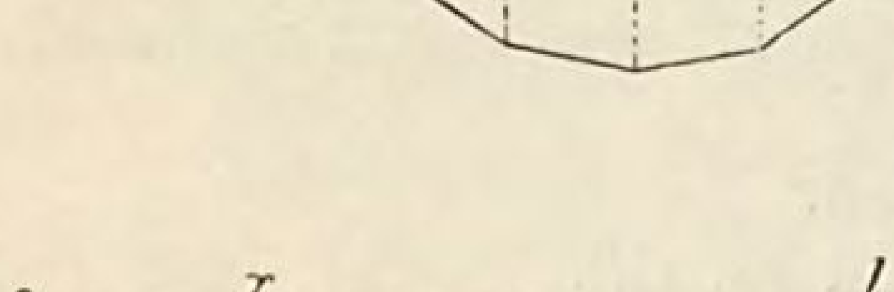


Fig. 3.

Diese b sind aber die Faktoren von P in den allgemeinen Ausdrücken von V, V'. Für denselben Träger ist allgemein das Moment in einem beliebigen Querschnitt x:

$$M_x = \frac{l-x}{l} \sum_0^x Pa + \frac{x}{l} \sum_x^l P(l-a),$$

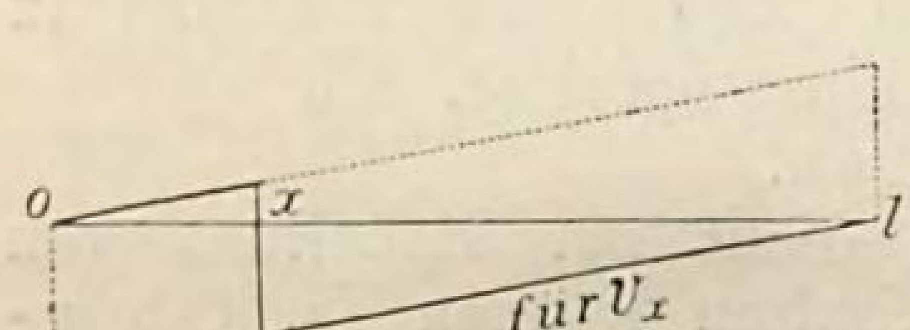


Fig. 4.

und die Vertikalkraft in diesem Querschnitt:

$$V_x = -\frac{1}{l} \sum_0^x Pa + \frac{1}{l} \sum_x^l P(l-a).$$

Demgemäss erhalten wir die Gleichungen der Influenzlinien

	von $a = 0$ bis $a = x$	von $a = x$ bis $a = l$
für M_x:	$b = \frac{l-x}{l}\,a,$	$b = x\,\frac{l-a}{l},$
für V_x:	$b = -\frac{a}{l},$	$b = \frac{l-a}{l}.$

Die Influenzlinien für V, V', M_x, V_x sind den abgeleiteten Gleichungen entsprechend in Fig. 2, 3 und 4 verzeichnet. Während hier, wie bei statisch bestimmten Grössen überhaupt (Grössen, welche sich aus der Statik allein, ohne Zuhilfenahme der Elastizitätstheorie, bestimmen lassen), die Influenzlinien geradlinig verlaufen, pflegt dies für statisch unbestimmte Grössen nicht der Fall zu sein. Nach Bd. 2, S. 573, lässt sich der Horizontalschub eines parabolischen Bogens mit Kämpfergelenken von der Spannweite l und dem Pfeile f ausdrücken:

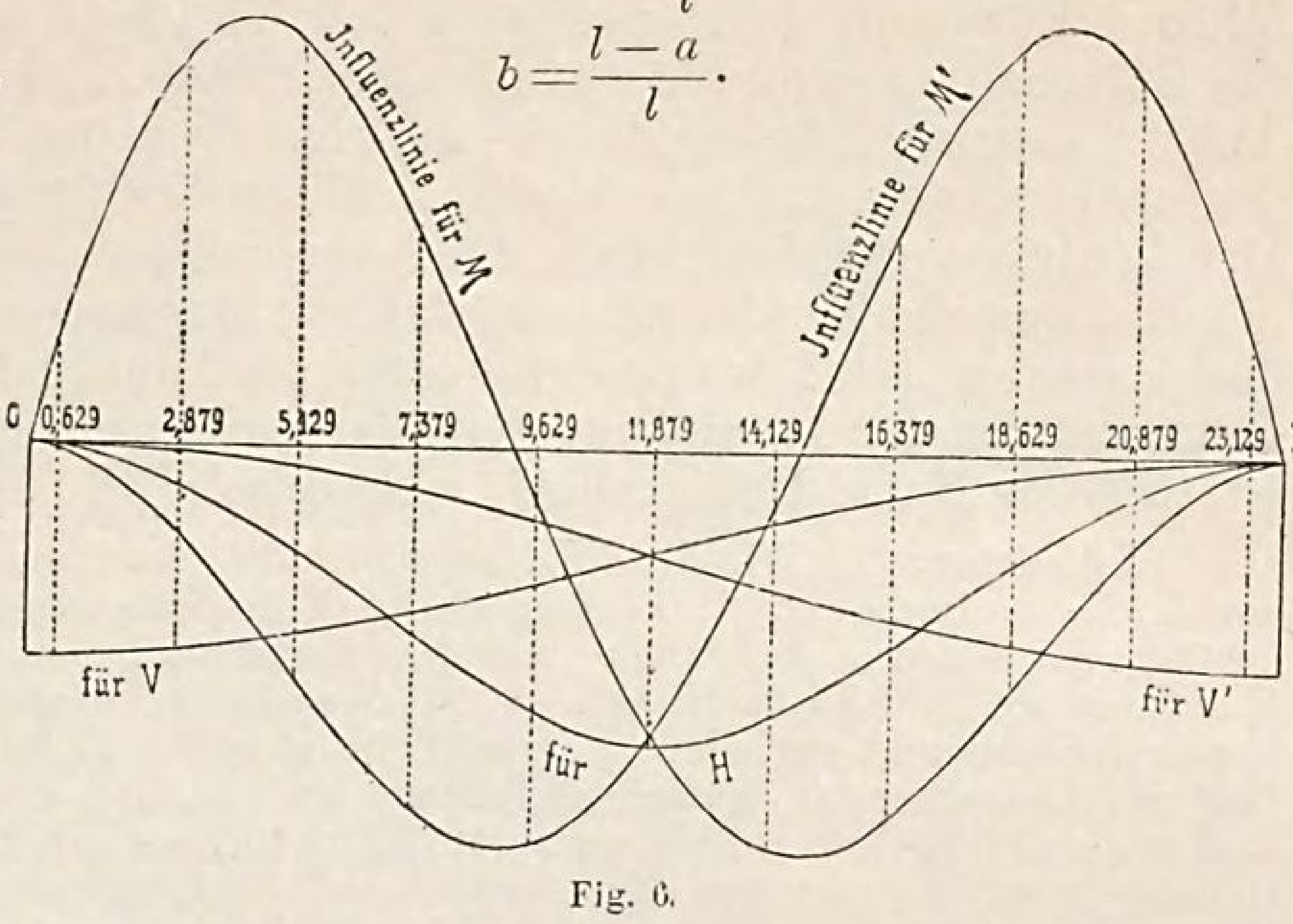
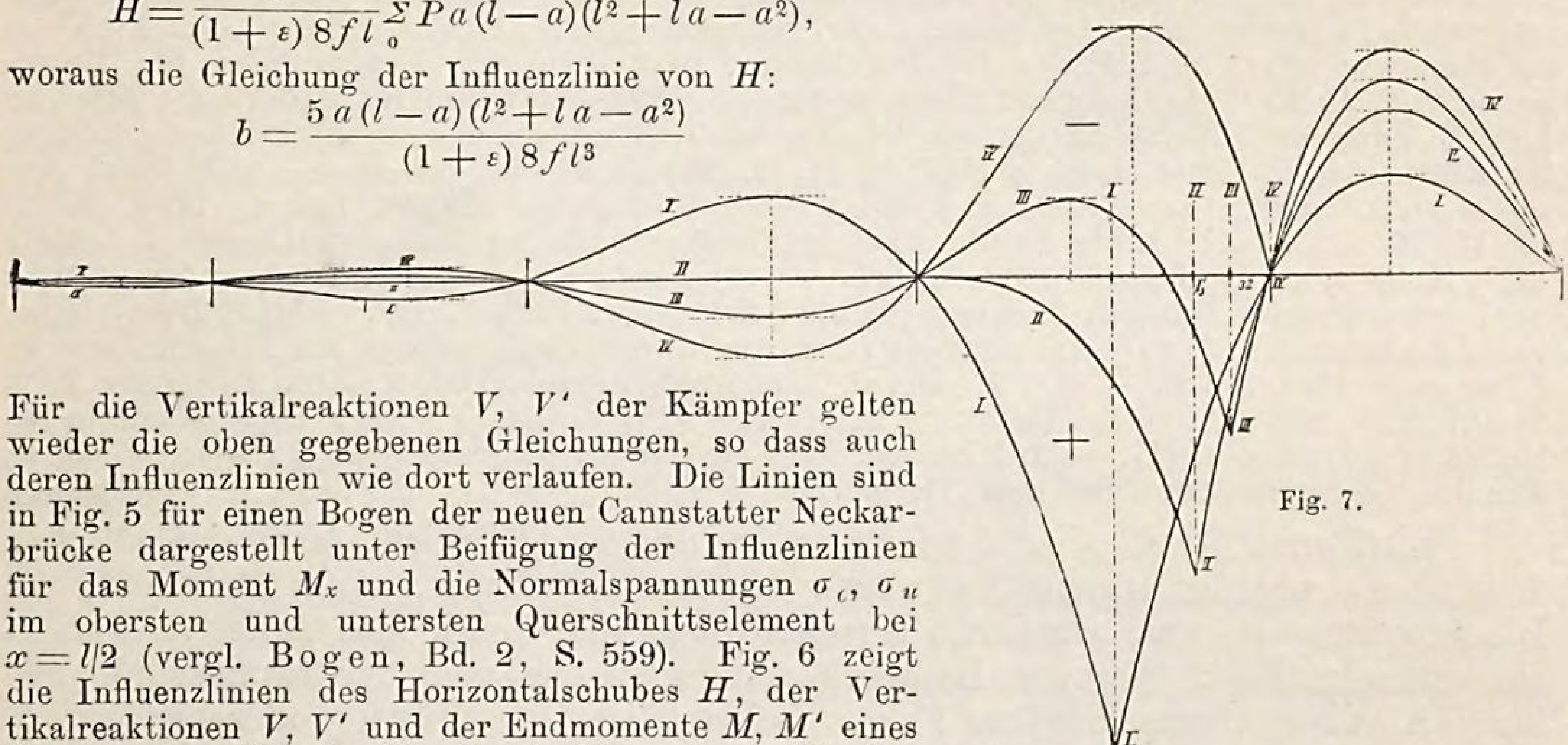


Fig. 6.

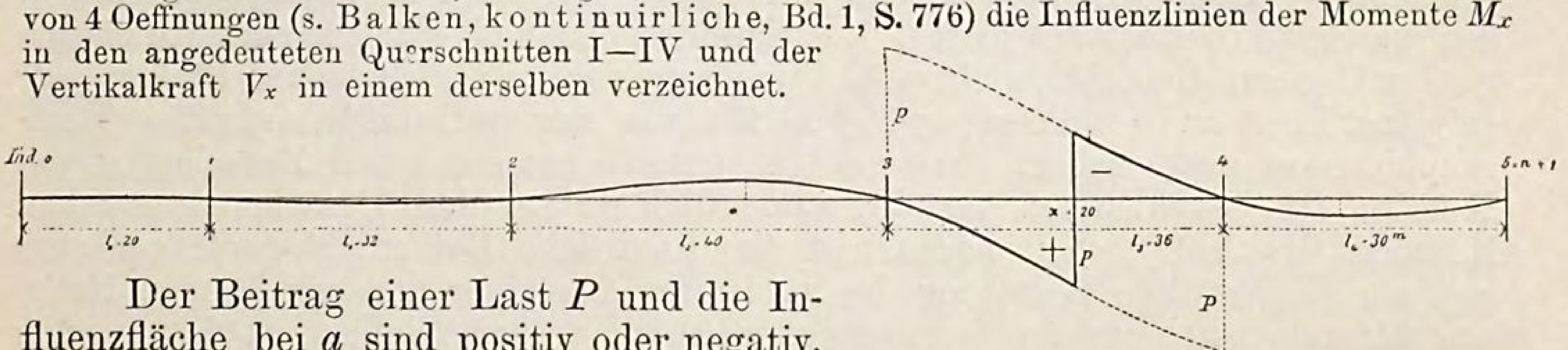
$$H = \frac{5}{(1+\varepsilon)\,8fl}\sum_0^l P\,a\,(l-a)(l^2 + l\,a - a^2),$$

woraus die Gleichung der Influenzlinie von H:

$$b = \frac{5\,a\,(l-a)\,(l^2 + l\,a - a^2)}{(1+\varepsilon)\,8fl^3}$$


Fig. 7.

Für die Vertikalreaktionen V, V' der Kämpfer gelten wieder die oben gegebenen Gleichungen, so dass auch deren Influenzlinien wie dort verlaufen. Die Linien sind in Fig. 5 für einen Bogen der neuen Cannstatter Neckarbrücke dargestellt unter Beifügung der Influenzlinien für das Moment M_x und die Normalspannungen σ_o, σ_u im obersten und untersten Querschnittselement bei $x = l/2$ (vergl. Bogen, Bd. 2, S. 559). Fig. 6 zeigt die Influenzlinien des Horizontalschubes H, der Vertikalreaktionen V, V' und der Endmomente M, M' eines Bogens ohne Gelenke (Bruchstein-Versuchsgewölbe des österr. Ing.- u. Arch.-Vereins). In Fig. 7, 8 schliesslich sind für einen kontinuirlichen Balkenträger von 4 Oeffnungen (s. Balken, kontinuirliche, Bd. 1, S. 776) die Influenzlinien der Momente M_x in den angedeuteten Querschnitten I—IV und der Vertikalkraft V_x in einem derselben verzeichnet.


Fig. 8.

Der Beitrag einer Last P und die Influenzfläche bei a sind positiv oder negativ, je nachdem die Influenzlinie daselbst auf der positiven oder negativen Seite der Abscissenaxe liegt (Fig. 1). Die Durchschnittspunkte der Influenzlinie mit der Abscissenaxe bilden die Grenzpunkte der positiven und negativen Beitragsstrecken. Auf jeder Beitragsstrecke einerlei Sinnes heisst derjenige Punkt i, bei welchem die Ordinate b und damit der Beitrag einer Last P grösser als an allen anderen Stellen der Strecke wird (Fig. 1), der Influenzpunkt (Einflusspunkt) der betreffenden Strecke. — Wird ein Teil der Belastung nur in bestimmten Knotenpunkten auf den betrachteten Träger übertragen (durch Querträger), so verläuft die entsprechende Influenzlinie zwischen

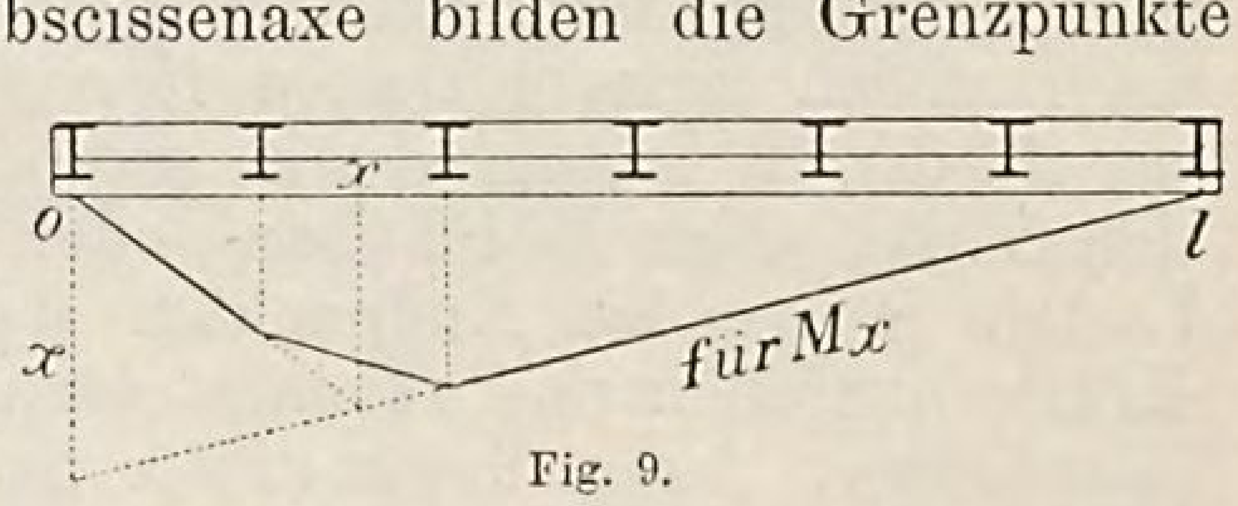


Fig. 9.

je zwei auf einander folgenden dieser Knotenpunkte stets geradlinig [6], S. 220, [9], S. 30 (vergl. Fig. 5). Hiernach könnten die Ordinaten der Influenzlinie für gleiche Abscissen a je nach der Uebertragungsart der Lasten verschieden ausfallen. Für den oben erwähnten gewöhnlichen Balken beispielsweise hat man die Influenzlinie von M_x entsprechend Fig. 3, wenn die Lasten direkt auf den Träger kommen, dagegen wie in Fig. 9, wenn die Lasten nur bei den angedeuteten Knotenpunkten übertragen werden [10], S. 17. Es könnte also bei Brückenträgern insbesondere die Influenzlinie der Fahrbahnlast von derjenigen des Eigengewichts abweichen. Praktisch interessirt jedoch nur die Influenzlinie der bewegten Last, welche eindeutig bestimmt ist. Ueber die Verwendung der Influenzlinien zur Bestimmung der Grenzbeanspruchungen u. s. w. (das Verfahren ist, wie der Name Influenzlinie, wohl durch [3], [4] eingeführt) s. Grenzwerte.

Litteratur: [1] Winkler, Vortrag über die Berechnung der Bogenbrücken, Mitteilungen des Arch.- u. Ing.-Ver. f. Böhmen 1868, S. 6 (Spannungskurven des Bogens). — [2] Mohr, Beitrag zur Theorie der Holz- und Eisenkonstruktionen, Zeitschr. d. Arch. u. Ing.-Ver. zu Hannover 1868, S. 19 (s. S. 42). — [3] Weyrauch, Allgemeine Theorie und Berechnung der kontinuirlichen und einfachen Träger, Leipzig 1873, S. 50, 54, 58, 62, 101, 166. — [4] Ders., Die Maximalmomente einfacher Träger bei festen und mobilen Lastsystemen, Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1875, S. 467. — [5] Fränkel, Ueber die ungünstigste Einstellung eines Systems von Einzellasten auf Fachwerkträgern mit Hilfe von Influenzkurven, Civilingenieur 1876, S. 441. — [6] Melan, Beitrag zur graphischen Behandlung der Fachwerkträger mit Zugrundelegung des Prinzips der Influenzkurven, Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1880, S. 219. — [7] Barkhausen, Auftragen von Einflusslinien für Bogen, Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1885, S. 159. — [8] Winkler, Theorie der Brücken, Heft 1, Wien 1886, S. 53, 81, 124. — [9] Weyrauch, Theorie der statisch bestimmten Träger für Brücken und Dächer, Leipzig 1887, §§ 11, 12, 23—25, 57—59, 66—68. — [10] Ders., Beispiele und Aufgaben zur Berechnung der statisch bestimmten Träger, Leipzig 1888, S. 11, 13, 17, 36, 58. — [11] Müller-Breslau, Die graphische Statik der Baukonstruktionen, I, Leipzig 1887, S. 93 u. a.; II, Leipzig 1892, S. 137. — [12] Land, Kinematische Theorie der statisch bestimmten Träger, Zeitschr. d. österr. Ing.- u. Arch.-Ver. 1888, S. 162. — [13] Ders., Ueber die Ermittelung und die gegenseitigen Beziehungen der Einflusslinien für Träger, Zeitschr. f. Bauwesen 1890, S. 105. — [14] Handb. d. Ingenieurwissensch., Bd. 2, Abt. 2, Leipzig 1890, S. 216, 227, 230, 298 (auch Abt. 4, S. 22 etc.). — [15] v. Ott, Vorträge über Baumechanik, Heft 3, Prag 1893, S. 117. — [16] Daujon, Mémoire sur les poutres droites à travées solidaires, Annales des ponts et chaussées 1894, II, p. 759.

Weyrauch.

Einflusslinien oder Influenzlinien sind Linien, deren Ordinaten darstellen, wie bei einem Bauwerke ein Auflagerdruck, eine Stabkraft, ein Biegungsmoment, eine elastische Durchbiegung oder dergl. sich ändert, während eine einzelne Last über das Bauwerk wandert. Die von der Einflusslinie und ihrer Abscisse eingeschlossene Fläche heisst Einflussfläche oder Influenzfläche. Zuweilen wird die Einflussfläche auch durch zwei gebrochene oder gekrümmte Linien begrenzt, derart, dass deren lotrechter Abstand dem Einfluss der wandernden Last entspricht. — Einflusslinien und -flächen sind vorzüglich geeignet, einen Ueberblick über die Wirkung einer an verschiedenen Stellen aufgelegten Last zu gewähren und den Einfluss der verschiedenartigsten Lastgruppirungen aufzusuchen. Sie werden vielfach zur statischen Berechnung von Brücken, Dachstühlen etc. benützt, namentlich da wo diese Berechnung aus dem Rahmen des Alltäglichen heraustritt (kontinuirliche Balken, Bogenträger etc.) und wo die zufällige Belastung des Bauwerks aus einer unregelmässigen Reihe von Einzellasten besteht (Eisenbahnbrücken). Um den Einfluss zu finden, den eine gegebene Reihe von Einzellasten ausübt, summirt man, am besten mit dem Zirkel, die in den Angriffslinien dieser Lasten liegenden Ordinaten der Einflussfläche. Haben die Lasten verschiedene Grösse, so bildet man die Summen der unter gleich grossen Lasten liegenden Ordinaten und multiplizirt hierauf die verschiedenen Summen mit entsprechenden Faktoren. Hierbei bedient man sich häufig eines Reduktions- oder Verwandlungswinkels; oder man lässt die Lasten je an den Endpunkten der entsprechenden Ordinaten als wagrechte Kräfte angreifen und zeichnet dazu ein Seilpolygon. Handelt es sich um Verkehrslasten, deren ungünstigste Stellung vorerst aufgesucht werden muss, so zeichnet man die Lastenreihe mit lotrechten Strichen auf ein Stück Pauspapier, bringt dieses über der Einflussfläche in verschiedene Stellungen und bestimmt durch mehrmaliges Summiren und Vergleichen diejenige Stellung, die den grössten

Einfluss ausübt. Besitzt die Einflusslinie eine ausgesprochene ausspringende Ecke, so fällt hierbei mit dieser stets eine Einzellast zusammen. Den Einfluss gleichmässig verteilter Lasten kann man dadurch finden, dass man den Flächeninhalt der Einflussfläche misst. Da wo die Ordinaten der Einflussfläche null sind, befinden sich Belastungsgrenzen (s. d.). — Um Einflusslinien zu erhalten, wendet man von Fall zu Fall verschiedene, bald graphische, bald rechnerische Verfahren an. Fast allgemein lassen sich die Einflusslinien auf Grund des Satzes von den virtuellen Arbeiten als Biegungslinien (s. d.) auffassen und zeichnen.

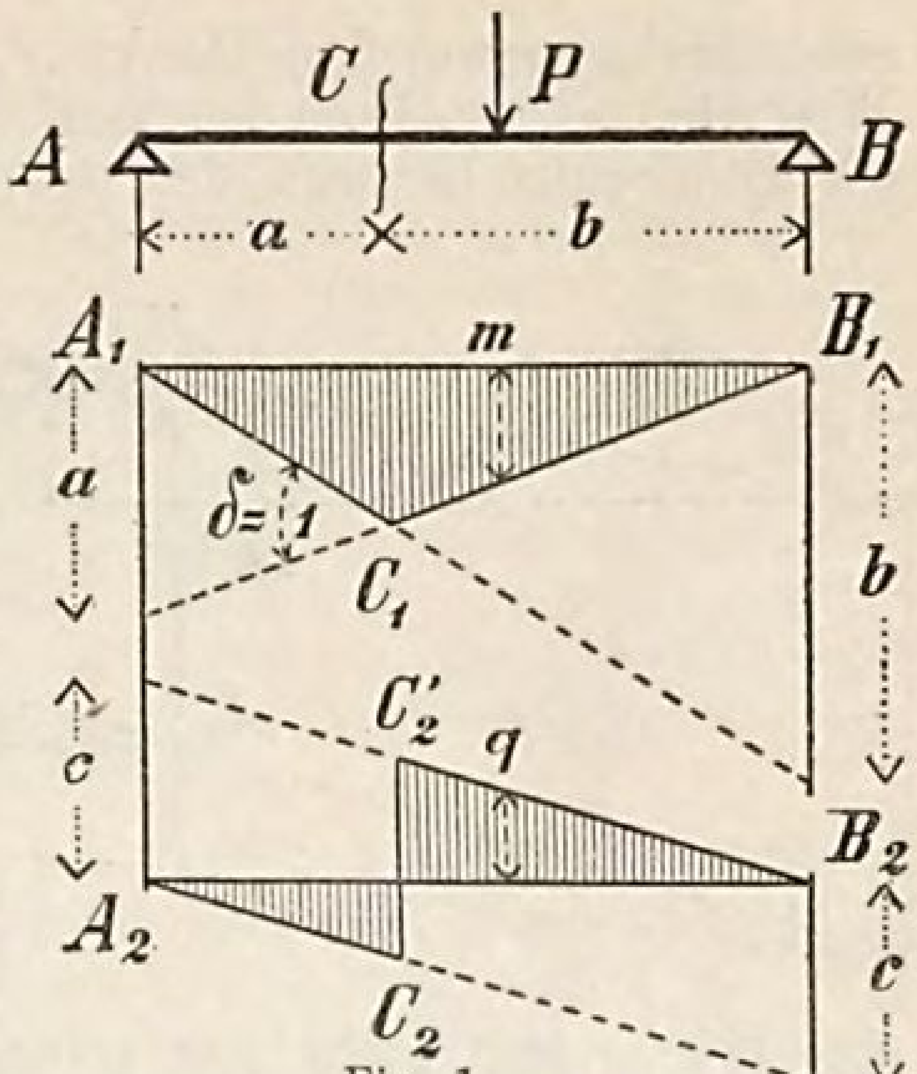


Fig. 1.

Für den Balken AB (Fig. 1) ergibt sich die Einflussfläche bezüglich des Biegungsmomentes im Punkte C gleich dem Dreiecke $A_1 C_1 B_1$, wie folgende Betrachtung zeigt: M sei das Moment, das im Schnitte C unter dem Einflusse der Last P entsteht, und δ der Formänderungswinkel eines in C gelegenen Balkenelementes. Ist nur dieses eine Element elastisch, so nimmt die Balkenaxe die Form einer geknickten Linie $A_1 C_1 B_1$ an und P senkt sich um die Strecke m. Nach dem Satze von den virtuellen Arbeiten sind die von M und P verrichteten Arbeiten gleich gross, folglich ist $M\delta = Pm$. Macht man $\delta = 1$, wie es in der Figur geschehen ist, so wird $M = Pm$. Ist die Last gleichförmig verteilt gleich p, so ist M gleich p mal dem Inhalte der entsprechenden Einflussfläche. Wirkt die Belastung mittelbar (durch Querträger) auf den Balken und liegt C zwischen zwei Angriffspunkten der Belastung, so wird die Ecke C_1 durch eine Gerade abgeschrägt, deren Endpunkte unter den benachbarten Angriffspunkten liegen. — In gleicher Weise findet man die Einflusslinie für die in C auftretende Querkraft Q. Diese bewirkt (Fig. 1) eine Querverschiebung der beiden Balkenteile AC und CB. Folglich nimmt die Balkenaxe die Form $A_2 C_2 C_2' B_2$ an. Die Ordinaten q dieser Linie stellen daher den Einfluss der Last P auf die Querkraft dar, und zwar ist $Q = Pq : c$, wobei c eine beliebig zu wählende Länge ist. Macht man $c = P$, so wird $Q = q$. Bei verteilter Belastung p ist $Q = pF : c$, wo F den Flächeninhalt der entsprechenden Einflussfläche bezeichnet. Bei mittelbarer Belastung ist die Linie $C_2 C_2'$ schief zu ziehen, so dass ihre Endpunkte unter den zwei benachbarten Angriffspunkten liegen. Die Figuren 2 und 3 enthalten die Einflusslinien für einen Gelenkträger, erstere für einen Schnitt in der ersten Oeffnung, letztere für einen Schnitt zwischen Gelenk und Pfeiler. Um die Einflusslinie für die Biegungsmomente zu erhalten, denkt man sich wieder die Balkenaxe in C um den Winkel $\delta = 1$ geknickt und zeichnet unter Berücksichtigung der Gelenke die Form, die die Axe hierbei annehmen muss, ohne sich von den Auflagern zu entfernen. Bei den Querkräften denkt man sich eine Parallelverschiebung der durch C getrennten Balkenteile und führt hierauf die Balkenaxe wiederum so, dass sie durch die Auflagerpunkte geht. Es ist wie oben das Biegungsmoment $M = Pm$ und die Querkraft $Q = Pq : c$. In Fig. 4 ist die Einflussfläche für den dritten oberen Gurtstab des Fachwerkträgers AB gezeichnet. Denkt man sich diesen Stab allein elastisch, so erleidet das Fachwerk eine Knickung im Drehpunkte D, dargestellt durch die gebrochene Linie $A_1 D_1 B_1$ mit der Winkeländerung δ. Hierbei senkt sich die Last P um die Strecke m. Die Gleichsetzung der virtuellen Arbeiten ergibt $Oo\delta = Pm$. Macht man $\delta = 1$, wie es in der Figur geschehen ist, so wird $O = Pm : o$. — Fig. 5 zeigt die Einflussfläche für die Strebe CC'. Denkt man sich diese Strebe elastisch verlängert, so vollzieht der linke Fachwerkteil gegenüber dem rechten

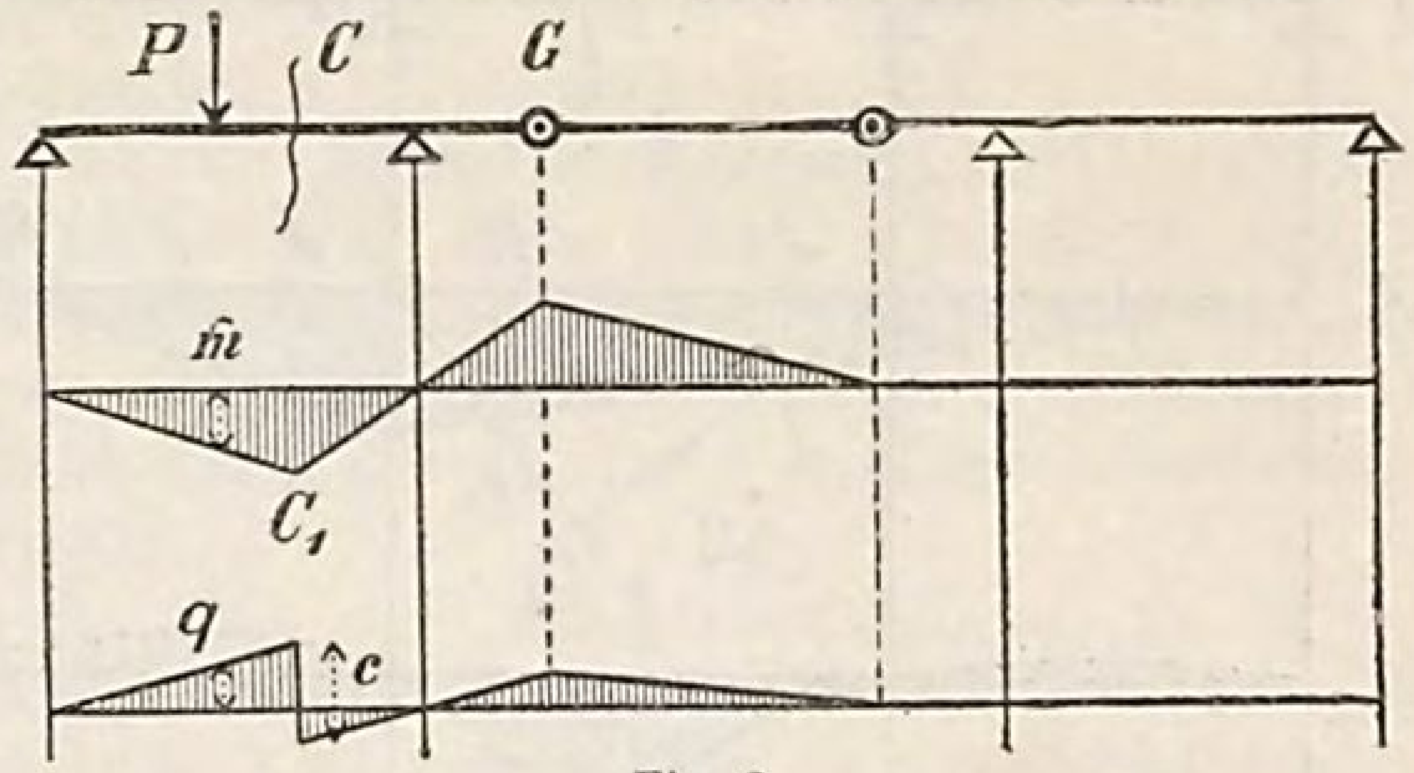


Fig. 2.

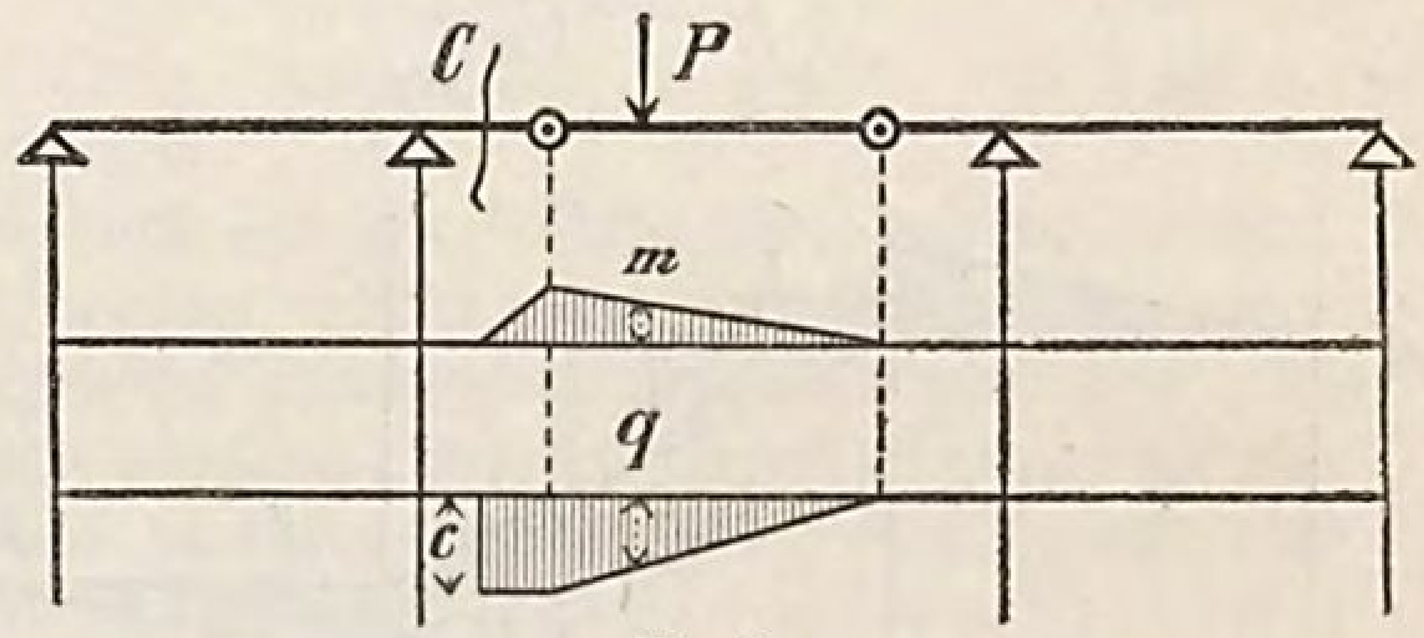


Fig. 3.

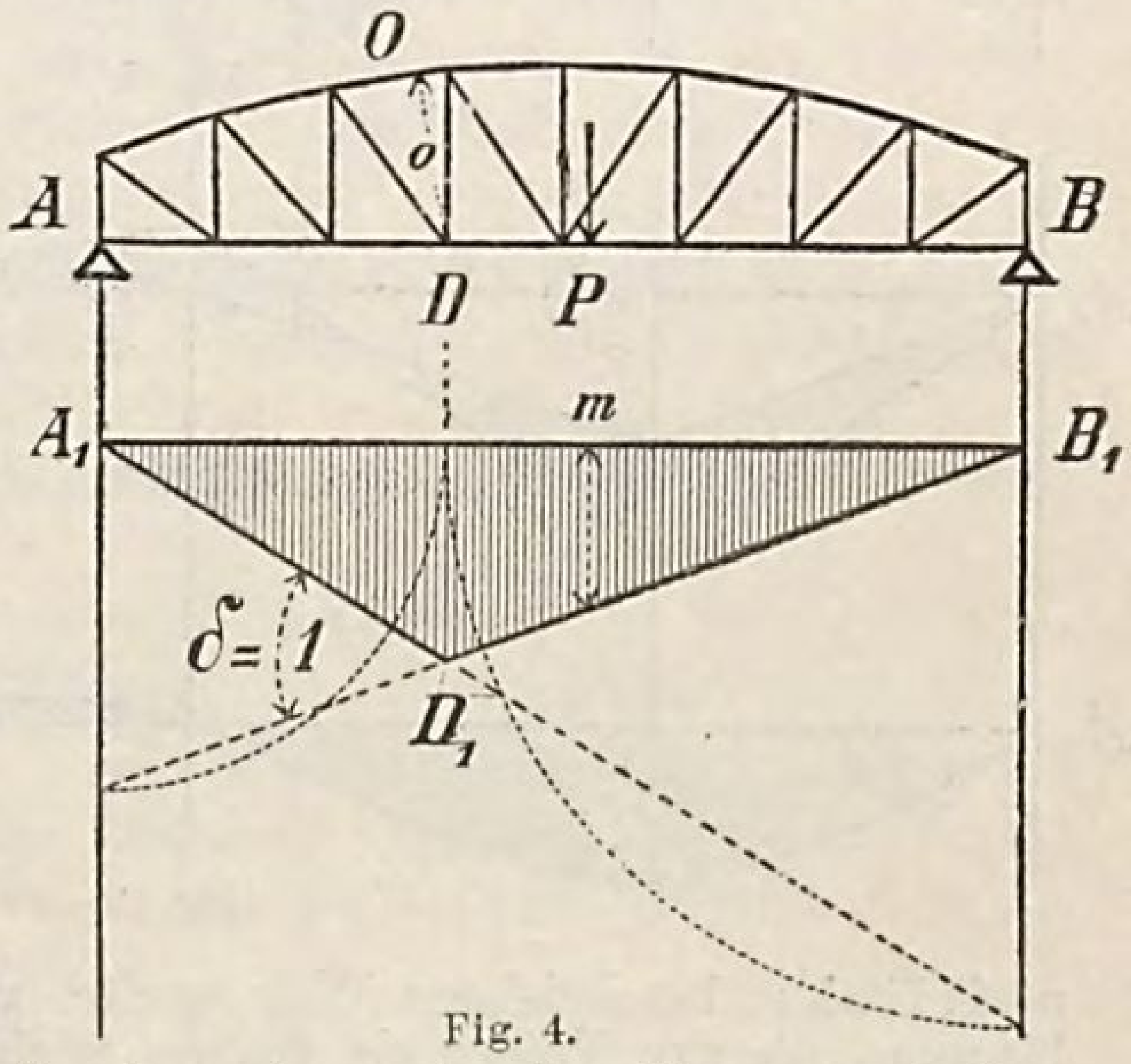


Fig. 4.

eine Drehung um den Punkt D. Die Einflusslinie nimmt daher die Form $A_1 C_1 C_1' B_1$ an. Den Winkel δ gleich 1 zu machen, ist hier nicht zweckmässig. Man wählt ihn besser so, dass sich die Einflussfläche mit der schraffirten Figur $A' C C' B$ deckt. Die Strebenkraft ist alsdann $S = Pm : s'$, worin, wie sich leicht zeigen lässt, $s' = hk : s$. Für lotrechte Streben wird s' gleich der Strebenlänge. Der Punkt, wo $A'B$ die Strebe schneidet, gibt die Grenze der ungünstigsten Belastung an. (Vergl. Fachwerke, graphische Berechnung.)

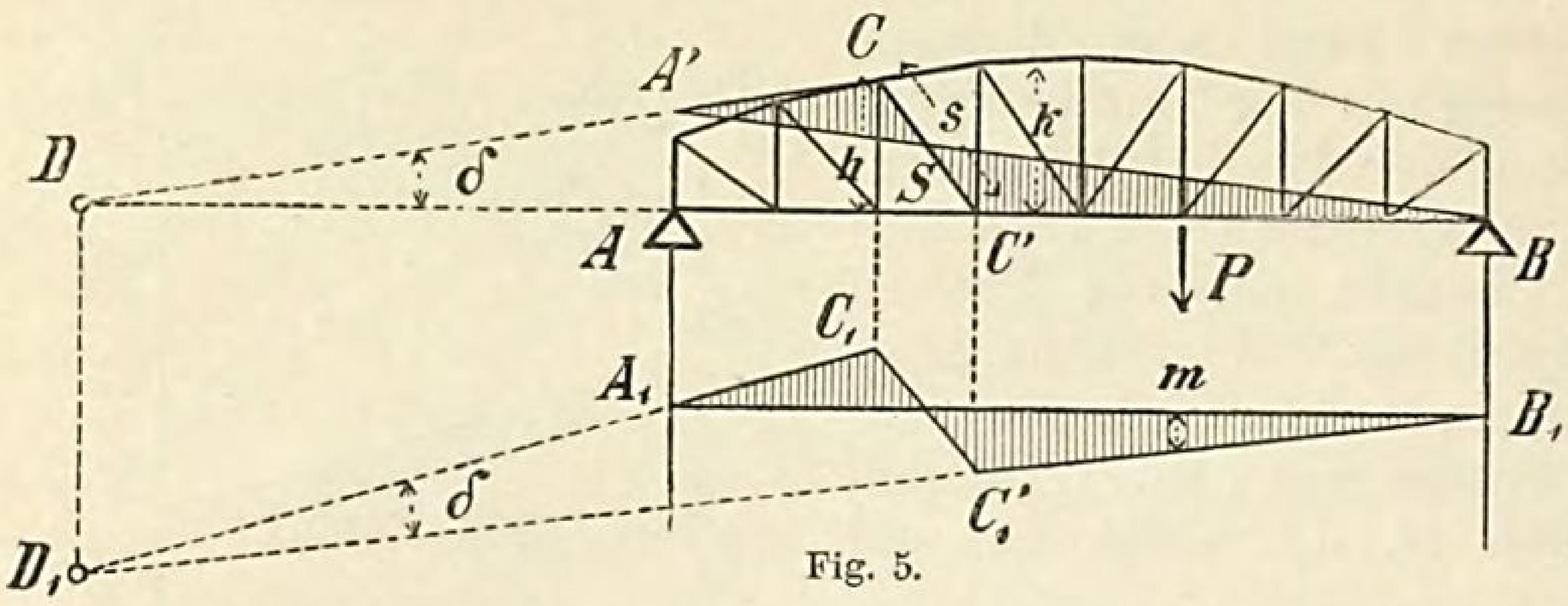


Fig. 5.

Bei statisch unbestimmten Trägern tritt zu der ersten Formänderung stets eine zweite hinzu, wenn der Träger sich nicht von seinen Auflagern entfernen soll. Erleidet ein kontinuirlicher Balken (s. d.) in C (Fig. 6) eine Knickung, ohne sich von seinen Stützpunkten zu entfernen, so muss er sich nach der Kurve $A_2 C_2 B_2$ verbiegen. Diese Kurve ist nichts anderes als die Biegungslinie (s. d.) für die leicht zu zeichnende Momentenfläche $A_1 B_1$. Hierbei sind J und K die festen oder Inflexionspunkte des Balkens. Der Knickwinkel bei C_1 ist hier der Deutlichkeit zu lieb $= 2$ gemacht worden. Beim Zeichnen der Kurve $A_2 B_2$ wählt man als Verwandlungsbasis $\frac{1}{2}\, l$ und als Polweite $\frac{1}{3}\, l$. Die Einflussfläche für die Querkraft entsteht, wenn man sich (Fig. 7) in C eine Querverschiebung $= c$ eingetreten denkt, hierfür die Momentenfläche $A_1 B_1$ und dazu die Biegungslinie $A_2 B_2$ zeichnet. Die Einflussfläche für den Auflagerdruck erhält man, wenn man die betreffende Stütze um c gesenkt denkt (Fig. 8). Die Momentenfläche wird dann gleich $A_1 B_1$ und die entsprechende Biegungslinie gleich $A_2 B_2$.

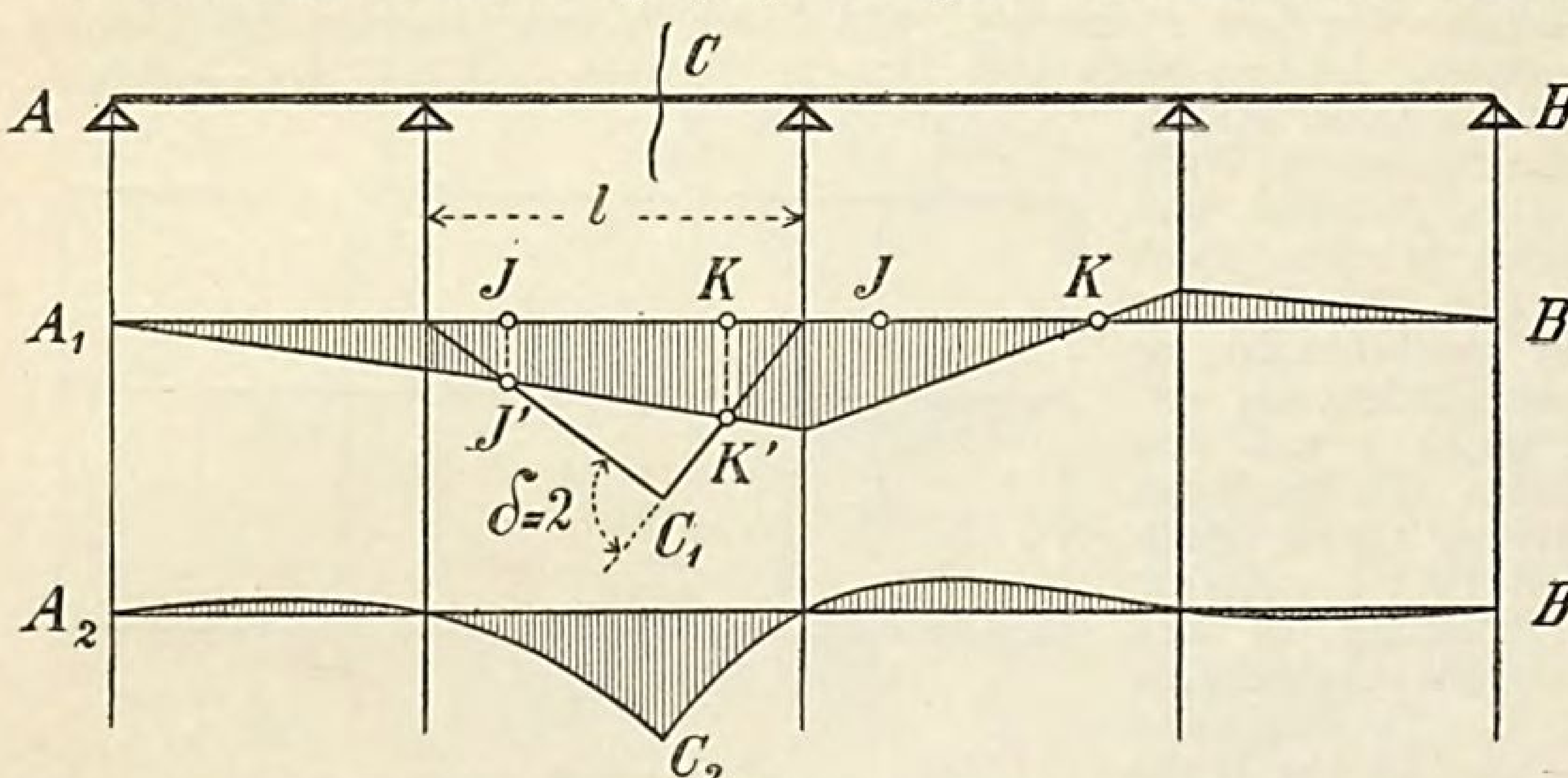


Fig. 6.

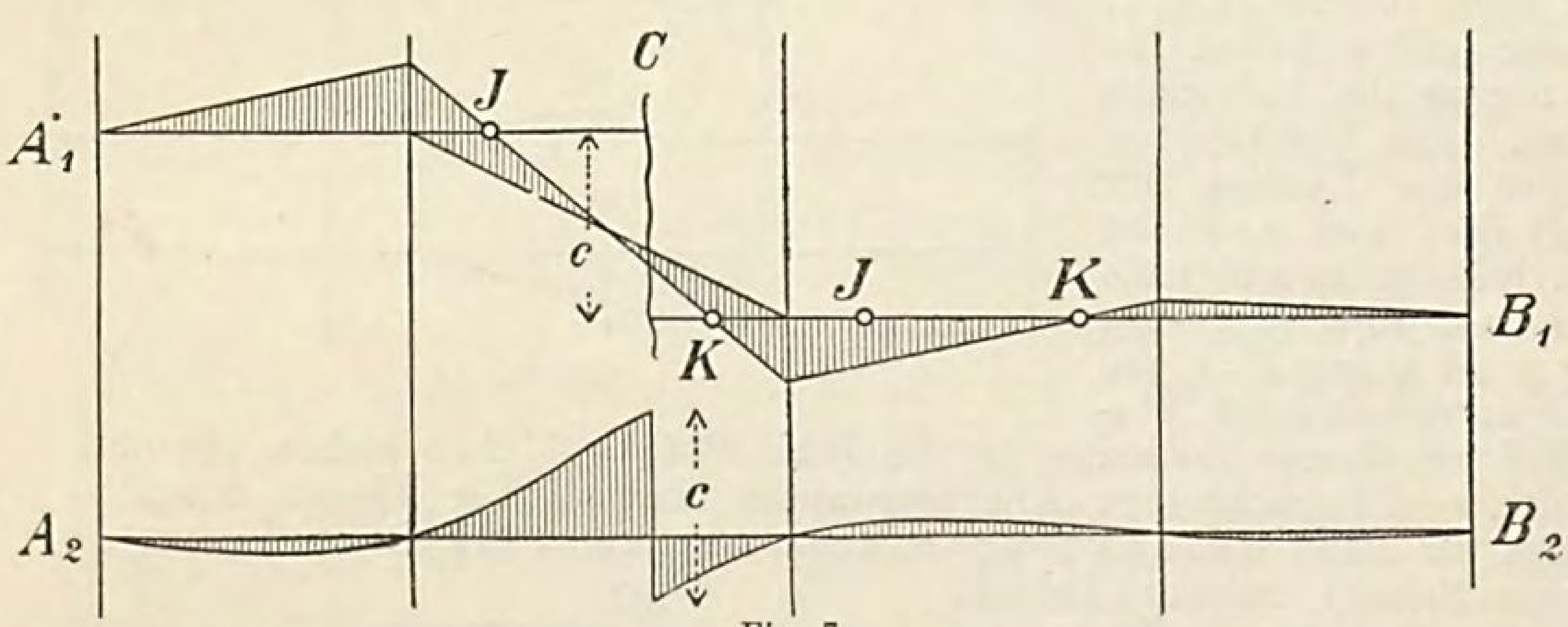


Fig. 7.

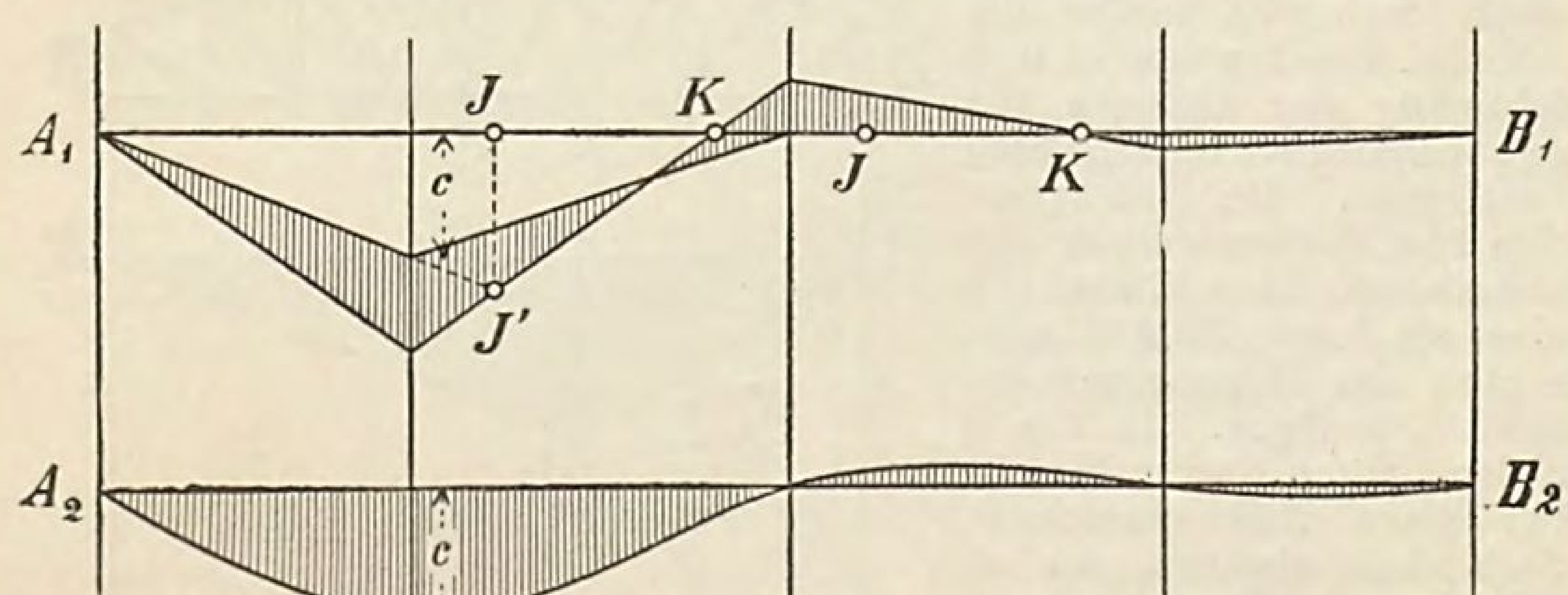


Fig. 8.

Vorstehende Verfahren zum Zeichnen der Einflusslinien für kontinuirliche Balken erweisen sich als vorteilhaft, wenn es sich nur um wenige Schnitte handelt, sind dagegen zahlreichere Kurven zu zeichnen, so führt der unter Balken, kontinuirliche, beschriebene Weg rascher zum Ziele. — Bei Bogenträgern tritt zu der Verbiegung, die der Träger als Balken erleidet, noch die Wirkung des Horizontalschubes hinzu. Wir haben somit zwei Einflussflächen von einander abzuziehen. Die Einflusslinie für den Horizontalschub ist einfach gleich dessen Biegungslinie; denn wenn sich die Bogenenden unter der Wirkung von H um c nähern und der Angriffspunkt der Last P sich hierbei um h hebt,

so ist $Hc = Ph$ oder $H = Ph : c$. Die Einflussfläche für eine Stabkraft wird somit begrenzt einerseits durch zwei gerade Linien, die sich lotrecht unter dem Drehpunkte schneiden, andererseits durch eine gekrümmte Linie, die Biegungslinie des Horizontalschubes. Bei Bogen mit Kämpfergelenken geht der Horizontalschub durch die beiden Gelenke, seine Biegungslinie braucht nur einmal gezeichnet zu werden. Bei gelenklosen Bogen liegt H in der Antipolaren des Drehpunktes hinsichtlich der Elastizitätsellipse (s. d.) des Bogens; denn nur in dieser Lage kann er die Folgen der Formänderung eines Stabes rückgängig machen (vergl. Bogen, graphische Berechnung, Bd. 2, S. 561.) — Besonders nützlich erweisen sich Einflusslinien, wenn es sich darum handelt, die Durchbiegung eines Trägers an einer bestimmten Stelle (etwa in der Mitte der Spannweite) für eine veränderliche Reihe von Einzellasten zu bestimmen. Man zeichnet zu diesem Zwecke die Biegungslinie für eine an der betreffenden Stelle aufgelegte Einzellast und erhält dabei nach dem Satz von der Gegenseitigkeit der Formänderungen die Einflusslinie für die Durchbiegung an dieser Stelle.

Litteratur: Mohr, Zeitschr. d. Hannover'schen Arch.-Ing.-Ver., 1868, S. 19. — Weyrauch, Theorie und Berechnung der kontin. und einfachen Träger, Leipzig 1873. — Fränkel, Civil-Ingenieur, 1876, S. 441. — Melan, Zeitschr. d. Hannover'schen Arch.-Ing.-Ver., 1880, S. 219. — Müller-Breslau, Wochenbl. f. Architekten und Ingenieure, 1883, S. 353. — Winkler, Theorie der Brücken, Heft 1, Wien 1886. — Müller-Peterwitz, Deutsche Bauzeitung, 1888, S. 67. — Handbuch des Brückenbaus, Leipzig 1890. — Land, Zeitschr. f. Bauwesen, 1890, S. 105. — Müller-Breslau, Graphische Statik, Bd. 2, Leipzig 1892. — Ders., Neuere Methoden der Festigkeitslehre etc., Leipzig 1893. — Keck, Vorträge über Elastizitätslehre, Hannover 1893. — Fontviolant, Ponts métalliques à travées continues, Paris 1893. *Ritter.*

Einflusspunkte oder Influenzpunkte, s. Einflusslinien.

Einfriedigung eines Grundstückes, auch Befriedigung, Bewehrung, Behegung, feste Umgrenzung in einer Höhe und Art, welche je nach den Zwecken des Geländes sehr verschieden sein wird. Ausser dem Mauerwerk kann dienlich sein: das Holz in Form von Bretter- oder Lattenzäunen, Planken und Staketen, der Drahtzaun, oder Hecken, Graben. Ueber die Höhe bestehen für bestimmte Fälle gesetzliche Vorschriften.

Einfriedigungen der Eisenbahn sind auf Haupteisenbahnen da erforderlich, wo einfache Gräben mit Seitenaufwurf nicht genügen, um Menschen oder Vieh vom Betreten der Bahn abzuhalten, also namentlich in der Nähe von Ortschaften. In Städten werden solche Einfriedigungen häufig als feste Mauern oder Eisengitter hergestellt; auf dem Lande namentlich in Form von Lattenzäunen, lebendigen Hecken oder Drahtzäunen.

Einfriedigungen der Strassen sind zur Sicherung des Verkehrs ausser an hohen Aufträgen und Böschungen, an den Ufern von Gewässern und zur Absperrung von neben der Strasse gelegenen Viehweiden erforderlich. Für den letzteren Zweck genügen sogen. lebendige Hecken, bis zu deren Heranwachsen ein leichter Holzzaun unterhalten werden muss. Sonst werden je nach der Oertlichkeit etwa 1 m hohe Pfosten von Holz oder Stein in Abständen von 3 bis 5 m gesetzt, die, durch Holme bezw. eiserne Stangen mit einander verbunden, eine Art Geländer bilden. Auch alte Eisenbahnschienen und Gasröhren können unter Umständen Verwendung finden. Häufig genügen Baumpflanzungen (s. d.). Hölzerne Pfosten bedingen verhältnismässig grosse Unterhaltungskosten. Am solidesten sind steinerne Brüstungen (s. d.); s. auch Prellsteine. *L. von Willmann.*

Einfriedigungsmauer, kann aus jeglicher Art von Steinen bestehen; die leichteste und dünnste Mauer kann mit Backsteinen ($^1/_2$ Stein stark) erstellt werden, welche durch Pfeiler in ca. 2 m Entfernung verstärkt wird und dazwischen gespannte Bögen ihren oberen Abschluss erhält. Eine sorgfältige Abdeckung ist für die Dauer und gute Erhaltung unerlässlich.

Einfügung, Verbindung zweier Teile durch Einlassen, Einfalzen, Einscheren.

Einführung, s. Telegraph.

Einfuhr bedeutet am Oberharz so viel wie Einhängen in den Schacht, namentlich bei grossen Gegenständen, z. B. Hölzern für den Schachtausbau.

Eingangsthüre, s. Thüre.

Eingeblindet, Bezeichnung für Säulen, welche zum Teil in die Wand eingerückt oder, bei Tischlerarbeit, hinten eben gehobelt und aufgeleimt sind.

Eingebrannte Bilder, s. Photographie.

Eingebrochene Muster (Werfmuster), s. Wirkerei.

Eingefasste Arbeit, Schreinerarbeit, bei welcher die Felder in Rahmen eingesetzt sind.

Eingehängter Balken, ein an die Hängesäule oder durch Hängeeisen aufgehängtes Holz.

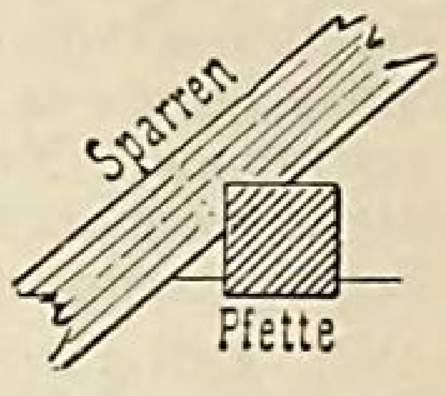
Eingekämmte Ware ist Kulirwirkware, in welche eine Faserschicht als Futterdecke eingewirkt worden ist.

Eingelassen, versenkt, d. h. mit der Oberfläche eines Gegenstandes bündig, z. B. ein Thürband im Fries der Thüre, ein Nagel oder Schraubenkopf.

Eingelegte Arbeit, s. Intarsia.

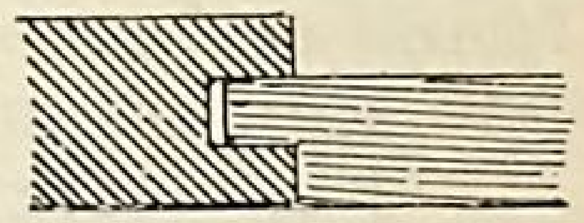
Eingerichte, s. Schloss.

Eingesattelt oder aufgesattelt werden die Sparren, welche schräg auf den Pfetten oder Schwellen aufgelagert und eingeschnitten sind (s. Fig.).



Eingeschneide oder Eingeschnittenes heissen in der Sprache des Bergmannes bei der Verbindung zweier Hölzer durch Ueberblatten (s. Grubenzimmerung), die mittelst Sägeschnitt etwa bis zur Hälfte der Holzstärke rechtwinkelig zur Faserrichtung hergestellten Flächen. *Treptow.*

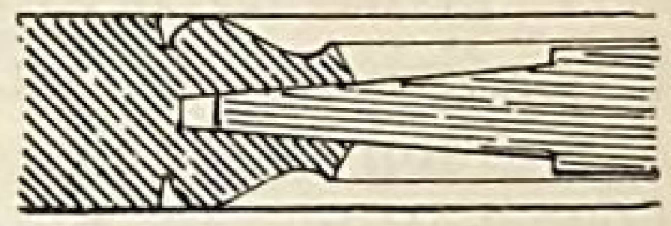
Eingeschoben ist eine Brettfüllung, welche ringsum in Falzen oder Nuten einer Holzrahme eingreift; dies kann ein- oder zweiseitig sein. Die Vertiefung der Nut ist grösser zu halten als der eingeschobene Teil, um diesem Spielraum für die Ausdehnung beim Quellen des Holzes zu geben (s. Fig.).



Eingesprengt, s. Erz.

Eingesteckt nennt man die Thür- und Fensterbeschläge, welche zum grössern Teile in die Dicke des Rahmholzes eingestemmt sind (vgl. Bänder). Ein Thürschloss kann nur bei 35—40 mm starken Rahmstücken eingesteckt werden, da die Dicke des Schlosskastens = $^1/_3$ der Holzdicke zu rechnen ist.

Eingestemmt sind 1. Thürfüllungen, welche mit dünner Feder (s. d.) in den Falz oder die Nut einer Rahme eingesetzt sind. Letztere kann glatt, mit Fasen oder mit ein- oder beiderseitiger Profilirung (Hobel) versehen sein (s. Fig.). 2. Treppenstufen, welche an ihren beiden Enden in entsprechende Nuten der Zargen eingreifen.



Eingiessen (in der Schlosserei), Befestigen von Eisenteilen in Stein mit zuerst flüssigen Stoffen, welche später erstarren und hart werden. Hierzu sind dienlich: 1. Blei, welches beim Erstarren sein Volumen verringert und deshalb in die Oeffnung mit einem Eisen einzustemmen ist. 2. Schwefel und Gips, letzterer mit Zusatz von Feilspänen. Diese Stoffe haben die Eigenschaft, beim Erstarren an Volumen zuzunehmen, wodurch die Oeffnung gut ausgefüllt wird; da aber weiche Steine hierdurch leicht gesprengt werden, so sind sie nur bei hartem und zähem Gestein anwendbar. 3. Zement und 4. Kitt (s. d.). Je nach dem angewendeten Stoffe spricht man von Einbleien, Eingipsen, Einkitten u. s. f. Das zu befestigende Stück muss eine rauhe Oberfläche haben und am hinteren Ende stärker sein; ebenso ist im Steine ein schwalbenschwanzförmiges Loch einzuhauen, um die Befestigung auf die Dauer zu sichern. Die seitlichen Wangen des Steines müssen mindestens 4—6 cm stark sein. *Weinbrenner.*

Eingreifen, s. v. w. genaues Ineinanderpassen von Konstruktionsteilen, seien es Zähne an Rädern von Maschinen, sei es der Schlüsselbart mit seinen Einschnitten im Eingerichte des Thürschlosses (s. Schloss).

Eingriffsbogen, ist die Bogenlänge des Teilkreises an Zahnrädern, um welche sich das eine Rad dreht, so lange ein einzelner Zahn desselben mit dem zweiten Rade in Berührung ist. Er ist für zwei normale, zusammen arbeitende Zahnräder gleich gross und muss grösser sein als die Teilung, wenn nicht, wie z. B. bei Hebedaumen, die gleichmässige Bewegungsübertragung zeitweise unterbrochen werden soll. Für Cykloiden ist er gerade so gross wie die Eingriffsstrecke (s. d.); für Evolventen ist er grösser als diese und zwar im Verhältnis des Teilkreises zum Grundkreise, d. i. bei normaler Evolventenverzahnung (mit 75^0 Neigung der Eingriffslinie gegen die Zentrale) $1 : \sin 75^0 = 1{,}035$. Diese Verhältniszahl bleibt bestehen, auch wenn die Räder genähert oder entfernt werden, womit die Eingriffsstrecke selbst sich ändert. *Lindner.*

Eingriffsdauer heisst das Verhältnis von Eingriffsbogen zu Teilung. Sie ist in der Regel (s. Eingriffsbogen) grösser als 1 und fällt bei Innenverzahnung grösser aus als bei Aussenverzahnung.

Eingriffslinie, der geometrische Ort der Berührung zweier zusammen arbeitenden Zahnkurven, einschliesslich ihrer Verlängerungen, besteht bei der Cykloidenverzahnung aus den beiden Rollkreisen; bei der Evolventenverzahnung aus einer schrägen, beide Grundkreise tangirenden geraden Linie, die durch den Berührungspunkt der Teilkreise geht oder, falls die Axen der Räder gegen einander verstellt werden, die Zentrale immer noch im Verhältnis der Zähnezahlen teilt. *Lindner.*

Eingriffsstrecke ist das Stück der Eingriffslinie (s. d.), welches zwischen den sich überschneidenden Kopfkreisen der beiden Räder liegt, weil die an den Zähnen vorhandenen Kurvenstücke eben nur so weit zur Berührung kommen können.

Einguss, s. Eisengiesserei und Giesserei.

Einhängen, 1. s. v. w. Eindecken des Ziegeldaches; 2. Fenster und Thüren in ihre Bänder (s. Angel, Bänder, Beschlag); 3. Schnüre am Schnurgerüste zur Feststellung der Fluchten.

Einhängiges Dach, s. Dach.

Einhängwinkel, s. Feuerspritzenschläuche.

Einheiten, elektrotechnische, s. Absolutes Masssystem.

Einheitspatrone, s. Munition.

Einheitszeit, s. Zeit.

Einheitszugkraft der Zugtiere ist das in Prozenten ausgedrückte Verhältnis der wirklichen Zugkraft Z zum Zugtiergewicht p, also: $E = \frac{Z}{p} 100$.

Bezeichnet man mit w den Widerstandskoefficienten, mit i das relative Strassengefälle und mit P das fortzuschaffende Ladungs- und Wagengewicht, so ist auch:

$$E = 100 \frac{wP}{p} \pm 100 \left(\frac{P+p}{p}\right) i.$$

In noch einfacherer Form stellt sich nach Léchalas [1] die Einheitszugkraft dar, wenn durch P_1 das in Prozenten ausgedrückte Verhältnis des fortzuschaffenden Ladungs- und Wagengewichtes P zum Zugtiergewicht p ausgedrückt wird, dann ist: $E = P_1 (w \pm i) \pm 100 i$. Wird dieser Ausdruck für die Thalfahrt negativ, so nimmt Léchalas an, dass E in diesem Fall $= 0$ gesetzt und die Vergrösserung des Widerstandes der Fuhrwerksbremse zugemutet werden kann.

Die Einheitszugkraft dient als Grundlage für die Berechnung der Verkehrsgeschwindigkeit auf einer gegebenen Strassentrace, namentlich zur wirtschaftlichen Vergleichung konkurrirender Strassenzüge (s. Konkurrenzstrassen).

Litteratur: [1] Léchalas, Mémoire sur le roulage, Ann. des ponts et chaussées, 1879, I, S. 364; Voiges, Centralbl. d. Bauverw. 1888, S. 543; L. v. Willmann, Strassenbau, Fortschr. d. Ing.-Wiss., II. Gruppe, Heft 4, Leipzig 1895, S. 9. *L. v. Willmann.*

Einholer, s. Takelage.

Einhubmaschine, Schaftmaschine, bei welcher das Messer pro Schuss einen vollen Hin- und Hergang macht; s. Weberei.

Einhüftiger Bogen, s. Ansteigende Bögen.

Einhüllende Flächen, s. Enveloppen.

Einigungsämter (Arbeits-, Schieds-, Einigungskammern), von Mundella und Kettle in England begründete freiwillige gewerbliche Schiedsgerichte zur Beilegung von Streitigkeiten zwischen Arbeitgebern und Arbeitnehmern, insbesondere zur Verhütung von Arbeitseinstellungen und Aussperrungen. Sie bestehen aus einer gleichen Zahl gewählter Arbeitgeber und -nehmer. Nach dem System von Kettle entscheidet ein an der Sache nicht interessirter Unparteiischer als Vorsitzender, während nach dem Mundella'schen System der zum Vorsitzenden gewählte Arbeitgeber oder -nehmer nur bei Stimmengleichheit entscheidet. Nach der Arbitration Act vom 6. August 1872, Vict. 35 und 36, Kap. 46, besitzen die Entscheidungen der Einigungsämter, welche sich unter das Gesetz stellen, rechtliche Geltung. Die Errichtung von Arbeitskammern ist in Deutschland besonders von Brentano [1] und M. Hirsch [2] empfohlen worden.

Litteratur: [1] Brentano, Das Arbeitsverhältnis etc., Leipzig 1877. — [2] M. Hirsch, Die Streitfragen der Arbeiterbewegungen, Berlin 1886.

Einkämmen, s. v. w. Aufkämmen (s. d.).

Einkanalsystem, bei der holländischen Veenkultur, s. Moorkultur.

Einkehle, 1. Dachkehle (s. d.); 2. der Winkel des Dachanschlusses an eine Mauer, einen Schornstein oder eine Dachluke; ist durch ein passend geformtes Kehlblech einzubinden.

Einkehren, Einkehrherd, s. Herdarbeit.

Einkerben, 1. mit einer Kerbe versehen, z. B. das Schnurgerüste zum Einhängen der Schnüre; 2. die Pfosten einer Fachwand werden vom Maurer mit einem Beile seitlich eingekerbt, damit die Backsteine der Ausmauerung hinter die Vorderkante des Holzes eingreifen (s. Fig.).



Einkerbprobe, s. Biegeprobe.

Einketten, eine besondere Art der trigonometrischen Punktbestimmung (s. d.).

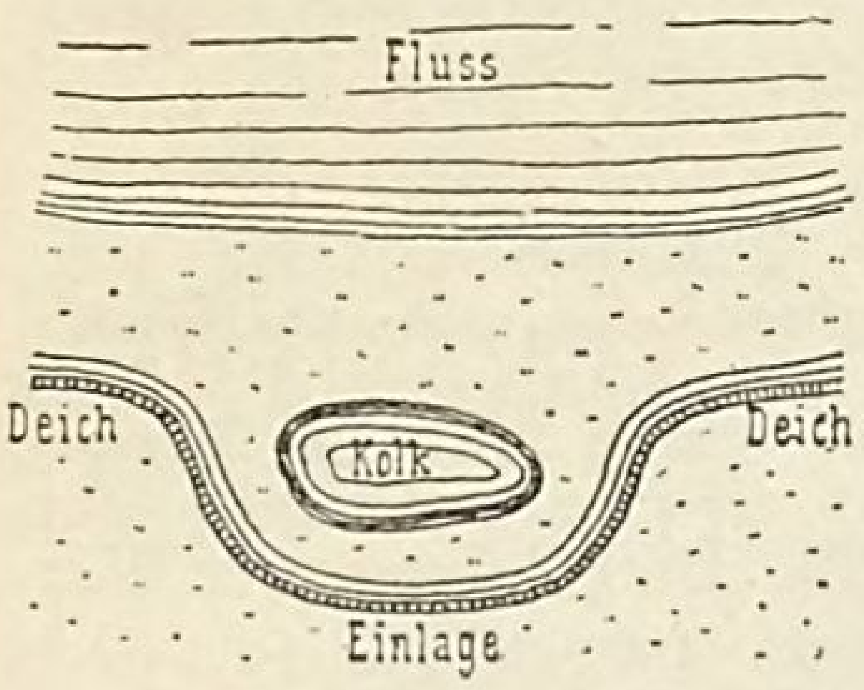
Einklinkungen (Einkerbungen) der Schienen wurden früher bei Schweisseisenschienen gemacht, um durch Eingreifen einzelner Schienennägel der Längsbewegung der Schienen entgegenzuwirken. Bei den jetzt allgemein gebräuchlichen Stahlschienen sind Einkerbungen unzulässig, weil sie leicht feine Risse und damit Gefahr von Schienenbrüchen herbeiführen.

Einkrimpen, Einkrumpen, Einkrumpfen, auch Krimpen, Krimpfen, Krumpfen, jene Eigenschaft der aus Wolle hergestellten Gewebe, zufolge welcher dieselben beim Uebergange aus dem feuchten in den trockenen Zustand an Dimension verlieren, schrumpfen, einschrumpfen. S. Tuchfabrikation.

Einlängenstuhl ist ein Wirkstuhl von solcher Breite, dass nur ein Warenstück, z. B. eine Strumpflänge, auf ihm gearbeitet werden kann.

Einlagbalken, s. v. w. Dammbalken (s. d. und Stauanlagen).

Einlage, diejenige Art der Wiederherstellung eines Strom- oder eines Grundbruchs, bei welcher der entstandene Kolk auf der Aussendeichseite verbleibt, heisst Einlage (s. Fig.). Diese Anordnung ist die beste, da der Kolk bald verlandet, verursacht aber insbesondere dann grosse Kosten, wenn der Kolk sich weit landeinwärts erstreckt und dadurch die Länge der herzustellenden Strecke eine grosse wird. Es wird deshalb vielfach der Durchdeichung, unter Umständen auch der Auslage (Bd. 1, S. 597) der Vorzug gegeben. Ferner bezeichnet der Name „Einlage" ein Gebiet am linken Ufer der Nogat (einem von der Montauer Spitze abzweigenden Arm der Weichsel) oberhalb ihrer Mündung in das frische Haff, in welchem der Hauptdeich um mehrere Meilen zurückverlegt und durch einen Sommerdeich ersetzt wurde.



In letzterem werden im Herbst eine Anzahl von Ein- und Auslässen durch Abtragen des Deiches hergestellt, und das so gebildete Becken, die „Einlage", hat den Zweck, das Wasser und Eis des Flusses zur Zeit der Eisverstopfungen aufzunehmen, welche sich leicht an der Mündung der Nogat in das frische Haff bilden. Der Zweck wird jedoch nicht immer erreicht; einmal weil im Laufe der Zeit eine Erhöhung des Bodens der Einlage durch Ablagerung von Sinkstoffen stattgefunden hat; sodann weil das Eis sich unterhalb der Einlässe festsetzt und dadurch allmälich einen Verschluss derselben herbeiführt. *Frühling.*

Einlagerung nennt man in der Geologie meist linsenförmige, umfangreiche Massen von anders geartetem Gesteinsmaterial in einer sonst einheitlichen Schichtenreihe, z. B. von Salz in Schieferthonen der oberen Buntsandsteinformation, von Gips in der Zechsteinformation. Die Einlagerungen können wohl Sedimente und eigentliche Absätze, aber nicht von regelmässiger Schichtenform sein; sie stellen etwas Abweichendes in der Schicht dar.

Einlassen, einen Gegenstand in die Oberfläche eines andern einsetzen. 1. (Zimmerarbeit) einen Anker oder eine Schlauder in einen Balken, auch Treppenstufen mit ihren Enden in die Zargen; einen Balken in eine Mauer. 2. Die Beschläge des Schlossers werden (wenn nicht aufgesetzt) in die Thür-, Fenster- oder Ladenfriese eingelassen und dabei beachtet, dass die Seitenflächen der Beschläge hinterschnitten sind, um scharfe Stossfugen zu erzielen.

Einlasspforte, kleine Thüre an oder neben einem grösseren Thore; sie dient dazu, nach Schluss der Hauptöffnung noch Fussgänger einzulassen.

Einlassschleusen sind Vorrichtungen zum Einlassen von Wasser; doch pflegt man den Namen auf solche Anlagen zu beschränken, durch welche das letztere einem Wasserlauf zu Bewässerungszwecken oder zur Entlastung bei Hochwasser genommen werden kann. In beiden Fällen besteht das Bauwerk aus Oeffnungen, die sich durch Schützen oder Dammbalken abschliessen lassen (vergl. Schleusenwehr).

Einlaufgleis, s. Bahnhöfe, Bd. 1, S. 727.

Einlaufschacht, s. Durchlässe, Bd. 3, S. 495.

Einlaufskreuzungen, Gleiskreuzungen, die von einlaufenden Zügen vor deren Halten durchfahren werden; s. Bahnhöfe.

Einlegemaschine, s. Zündwaren.

Einlegen, s. v. w. Einlassen.

Einlegerahmen, s. Zündwaren.

Einlegmesser, s. Messerschmiedarbeiten.

Einlegschranke, s. Wegschranken.

Einlegstäbchen, s. Weberei.

Einlochen, s. v. w. verzapfen.

Einmännisch. Einmännisches Bohren wird im Bergbau diejenige jetzt fast allgemein übliche Arbeitsweise genannt, bei welcher derselbe Mann mit der einen Hand den Meisselbohrer hält und mit der andern Hand die Fäustelschläge darauf führt. Im Gegensatz hierzu handhabt beim zweimännischen Bohren ein Mann den Bohrer, während ein anderer mit einem schweren Fäustel zuschlägt. *Treptow.*

Einmahlen nennt man den Vorgang, durch welchen ein neues oder umgestaltetes Mühlenwerk zu einem regelrechten, normalen Betriebe gebracht wird.

Die ausführende Mühlenbaufirma entsendet dazu gewöhnlich eine besonders geeignete Kraft, ihren „Obermüller“. Kleine Aenderungen in der Disposition der Ab- und Zuleitungsröhren, Austausch von Siebbespannungen, Einstellung der Walzenstühle, Putzmaschinen u. s. w., oft sogar Abweichungen von dem ursprünglich aufgestellten Mahlschema, Unterweisungen des Personals gehören zu den Obliegenheiten des Einmahlenden. Gewöhnlich wird das Einmahlen so lange fortgesetzt, bis die von dem Lieferanten garantirte quantitative Leistung und Ausbeute erreicht sind, worauf die Abnahme des Werkes erfolgt. *Arndt.*

Einmaschinensystem, s. Dampfpflug.

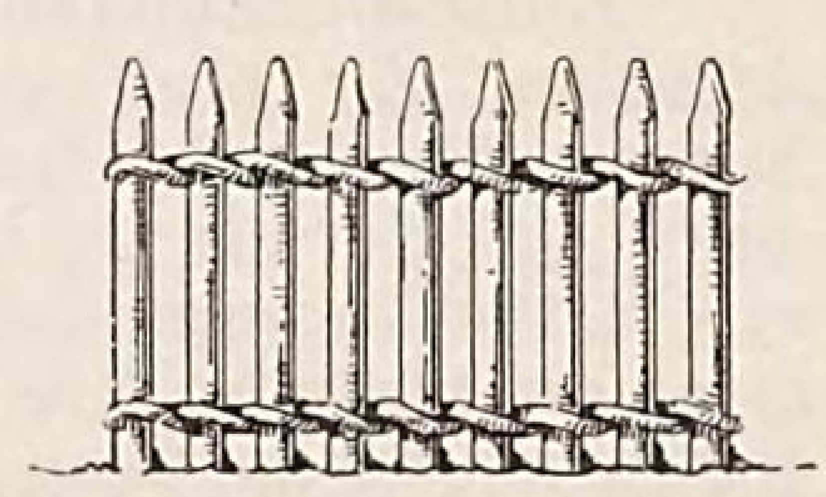
Einmauern, Anker, Eisenträger, Balken u. s. w. in einer Mauer mit Steinen und Mörtel befestigen.

Einnadelrad, s. Wirkerei.

Einnädlig wird diejenige Kulirwirkmaschine genannt, welche nur fallende Platinen enthält, also beim Kuliren Schleifen über je eine Nadel bildet.

Einpassirung, s. v. w. Einzug, s. Weberei.

Einpfählen, an beiden Enden gespitzte Pfähle stehend, nahe neben einander in den Boden einschlagen (s. Fig.), dient zur Einfriedigung von Höfen, Gärten, Parks, sowie bei militärischen Befestigungen.



Einpökeln, s. Fleischwarenfabrikation.

Einquartier oder Quartierstück ist ein Backsteinteil von einem Viertel der Länge und der vollen Breite eines Backsteins. Dasselbe kommt höchst selten zur Anwendung.

Einrad, s. Fahrrad.

Einreissgeräte. Dem Weiterumsichgreifen eines Schadenfeuers kann häufig nur dadurch Einhalt gethan werden, dass man einzelne Gebäudeteile oder ganze Gebäude niederreisst. Auch liegt unter Umständen die Beseitigung solcher im Interesse geeigneter Entfaltung der Lösch- und Rettungsmassregeln. Die Arbeits- oder Einreissmannschaft bedarf folgender sogen. Einreissgeräte: Feuerhaken, Pickel oder Spitzhaue, Axt, Kreuzhaue oder Mauerbrecher. Der Feuerhaken, mit hölzernem Stiel oder mit Kette und Seil, dient zum Einreissen ganzer Fachwerkwände etc., soll von Federstahl oder wenigstens gut geschmiedetem Eisen und, falls er einen Stiel hat, mit Federn an diesem befestigt, auch der Stiel nicht über 8 cm dick sein. Axt und Pickel, welche, wie die Kreuzhaue, gut angestählt und genügend stark sein sollen, verwendet man

zum Einschlagen von Bretterwänden, Aufreissen von Böden, Herausziehen und Wegschaffen von Balken etc., die Kreuzhaue zum Einreissen von Mauerteilen.

Einrenntalje, s. Laffetirung.

Einrichten, das Bestimmen von Zwischenpunkten beim Abstecken von Linien; s. Abstecken, Bd. 1, S. 82.

Einrückungsmethoden, s. Kreisbogenabsteckung.

Einsägemaschine, s. Buchbindereimaschinen, Bd. 2, S. 751.

Einsatzeisen, s. Blechbearbeitung.

Einsatzhärten, s. Einsetzen.

Einsatzspitzen werden bei einzelnen bergmännischen Werkzeugen, welche öfterer Schärfung bedürfen, benützt; so gibt es Keilhauen (s. d.) mit Einsatzspitzen, auch werden in Oberschlesien dergleichen Stossbohrer verwendet. Diese Einrichtung hat den Vorteil, dass zum Schärfen nur die Spitzen zur Schmiede gebracht werden und im übrigen ein Werkzeug als Spitzenhalter genügt.

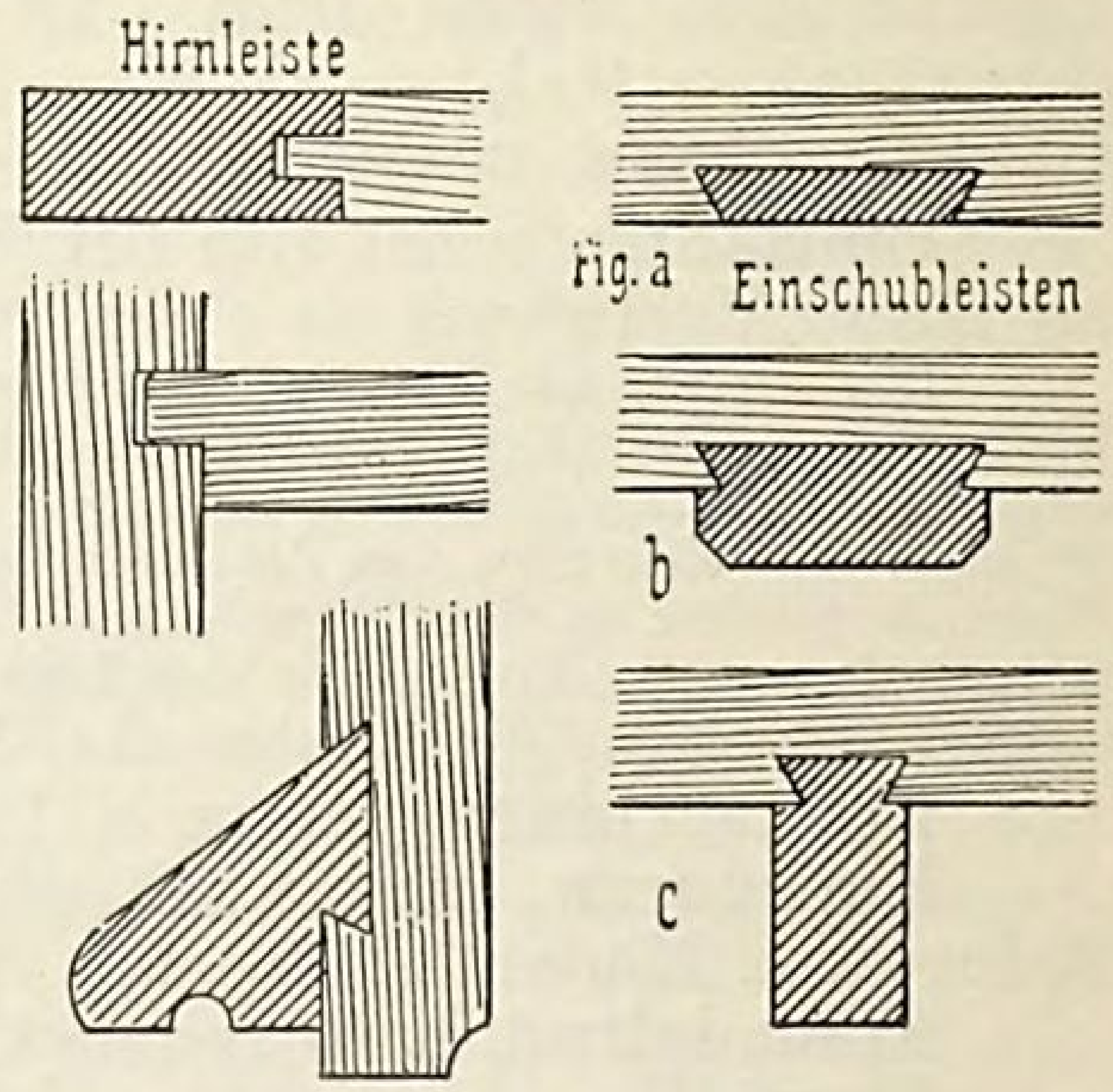
Einsatzzirkel, s. Reisszeug.

Einschalten von Punkten, die Bestimmung von untergeordneten Punkten oder Punktsystemen in ein gegebenes System übergeordneter Punkte, insbesondere bei der trigonometrischen Punktbestimmung (s. d.).

Einscheibiger Block, s. Takelage.

Einscherung, s. v. w. Anschlitzung (s. d.).

Einschieben nennt man das Einsetzen eines Hirnendes oder seitlicher Spunden in eine Nut. Dasselbe kommt vor: 1. Bei den Zwischenfeldern der Balken als Schrägboden, Fehlboden oder Einschubboden; 2. um dem Werfen eines Brettes oder einer aus mehreren Brettern gebildeten Tafel, z. B. einer Tischplatte, zu begegnen, werden die Enden in die Nut einer Hirnleiste, welche meist aus Hartholz erstellt wird, eingeschoben; 3. bei auf den Grat oder im Schwalbenschwanz gespundeten Einschubleisten, welche je nach ihrem Querschnitte (Fig. a, b, c) von verschiedener Wirksamkeit sind; 4. bei den ringsum gehenden Einnutungen von Parkettafeln. *Weinbrenner.*



Einschiebethür, s. v. w. Ausschiebethür (s. d.).

Einschienenbahnen sind Bahnen mit einer Schiene, die entweder zur Aufnahme der Last oder zur leichteren Lenkung der im übrigen auf einem Strassenkörper rollenden Fahrzeuge dient. Das Gleichgewicht der Fahrzeuge wird entweder durch besondere, auf den Unterstützungen der Schienen angeordnete Führungen oder durch die auf dem Strassenkörper aufruhenden Laufräder erreicht. Vielfach ist die Schiene so hoch über der Bodenfläche angeordnet, auf mehr oder minder hohen Eisenstützen verlegt, dass die Fahrzeuge die Bodenoberfläche nicht berühren; das einschienige Gleis hat in diesem Falle die volle Wagen- oder Zuglast aufzunehmen und auf die Stützen zu übertragen. Diese Art der einschienigen Bahnen nennt man in der Regel Schwebebahnen; dieselben werden unter diesem Schlagworte zur Besprechung kommen. Nur ausnahmsweise wurde das einschienige Gleis in den Strassenkörper selbst verlegt; in diesem Falle laufen die Mittelräder auf der Schiene, die Seitenräder auf der Strasse. Von den hierher gehörigen Anordnungen ist nur das System Larmanjat zu einiger praktischer Verwendung gelangt. Bei den Lokomotiven dieses Systems befinden sich in der Längsaxe derselben zwei auf der Schiene laufende Räder, welche das Lenken erleichtern, und ein Paar auf dem Strassenkörper laufender Triebräder, wodurch infolge grösserer Reibung die Zugkraft der Lokomotive erhöht wird. Die Wagen jedoch haben in ihrer Längsaxe zwei auf der Schiene laufende Räder, welche die volle Last mit möglichst geringem Reibungswiderstand auf den Oberbau übertragen und ein auf dem Strassenkörper

auflaufendes federndes Räderpaar, welches lediglich das Kippen der Wagen verhindern, also das Gleichgewicht herstellen soll. Dieses System kam in Elsass-Lothringen, in Frankreich und in Portugal zur Ausführung, wurde aber bald wieder aufgegeben und durch andere Bahnen ersetzt, da es sich herausstellte, dass der einschienige Oberbau, welcher die Gesamtlasten zu übertragen hatte, übermässig schwer wurde, daher ohne Mehrkosten durch das zweckmässigere zweischienige Gleis ersetzt werden konnte; auch liess die Betriebssicherheit namentlich in der ungünstigen Jahreszeit zu wünschen übrig. Das System der Einschienenbahnen hat man auch für Feldbahnen namentlich dort verwendet, wo wenig Raum zur Verfügung stand. Die zumeist leichten Wagen, welche zwei hinter einander angeordnete mit Doppelspurkränzen versehene Räder haben, werden von Arbeitern geführt und zugleich gegen seitliches Kippen im Gleichgewicht gehalten. In der Ruhelage wird das Gleichgewicht zweckmässig durch seitlich an den Wagen angebrachte Stützen erreicht. *Dolezalek.*

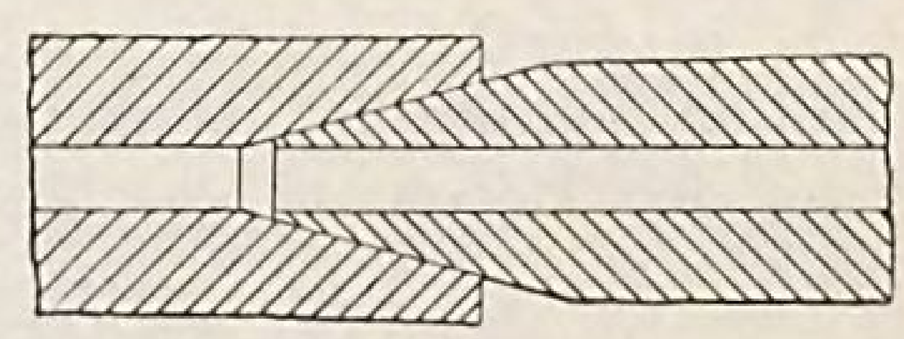
Einschlagapparat, s. Kammgarnspinnerei.

Einschlagen, 1. bei den Balken: das Biegen und Senken derselben bei zu grosser Belastung und ungenügender Stärke; 2. bei den Farben: ein zu rasches oder ungleichmässiges Aufsaugen, durch ungenügende Zubereitung des Grundes verursacht; die eingeschlagenen Stellen sind matter als der übrige Anstrich. — S. auch Längenmessung.

Einschlagseide, s. Zwirn.

Einschliessen, s. Wirkerei.

Einschlüsse nennt man in der Geologie fremde, abweichende Gesteins- und Mineralkörper in einem sonst scheinbar einheitlichen Gestein. Man spricht von fremden Einschlüssen in Eruptivgesteinen und meint damit Brocken von anderen Gesteinen (z. B. von Sandstein, Kalkstein, Thon, Gneiss, kristallinen Schiefern u. s. w.), welche bei der Emporpressung des feurigflüssigen Magma in dieses gelangt und von ihm meist verändert worden sind. Man spricht ferner bei Mineralen und Kristallen von Einschlüssen von fremden Substanzen (anderen Mineralen, Glas, Flüssigkeiten, Gas u. s. w.), besonders von mikroskopischen Einschlüssen bei den Gemengteilen der Gesteine. *Leppla.*



Einschnäuzen (s. Fig.) heisst die älteste Art der Verbindung von hölzernen Röhren und Gerinnen; man spitzt die Wipfelenden der Stämme zu und bohrt die Stammenden entsprechend aus.

Einschneiden, eine besondere Art der trigonometrischen Punktbestimmung (s. d., sowie auch Messtischaufnahme).

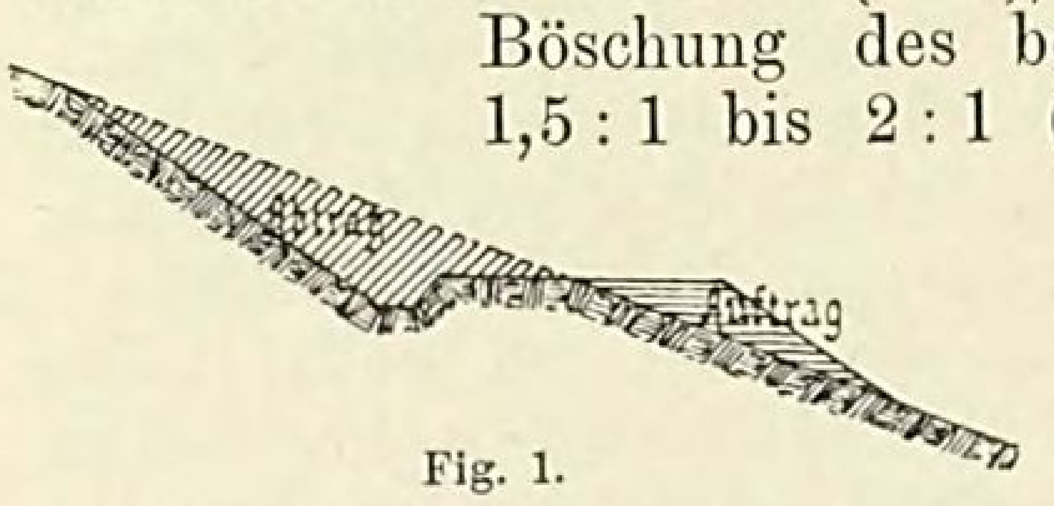
Einschneidetransporteur, Einschneidezirkel, zur mechanischen Lösung der Aufgabe des Rückwärtseinschneidens konstruirte Instrumente. Beim Einschneidetransporteur werden mit Hilfe eines geteilten Kreises die bestimmenden Richtungen (drei oder mehrere) durch Alhidaden eingestellt und damit der zu bestimmende Punkt auf der Karte nach den gegebenen Punkten aufgesucht (orientirt). — Beim Einschneidezirkel von Bauernfeind [1] werden die bestimmenden Kreisbogen (s. Rückwärtseinschneiden) durch Einstellen der beiden bestimmenden Winkel mit den Schenkeln eines zirkelartigen Instrumentes konstruirt; der Schnitt der beiden Bögen liefert den gesuchten Punkt. Weiteres s. Messtischaufnahme).

Litteratur: s. Rückwärtseinschneiden, Messtischaufnahme und [1] Bauernfeind, Vermessungskunde, Stuttgart 1890, Bd. 2, S. 189. *Reinhertz.*

Einschnitt, am Bart eines Schlüssels, entweder senkrecht zum Schaft, schräg oder gleichlaufend mit demselben eingefeilt (s. Schloss); Einstrich am Schraubenkopf.

Einschnitt, im Strassenbau. — Ueberall, wo die Oberfläche einer Strasse oder eines Eisenbahnplanums der Steigungsverhältnisse wegen tiefer zu liegen kommt als die Terrainoberfläche, wird ein Einschnitt erforderlich, der entweder an abhängiger Thalwand dieselbe nur „anschneidet“ (s. Fig. 1) oder eine Terrainerhebung vollständig durchschneidet (s. Fig. 2). In beiden

Fällen ist die Neigung der Böschungen von der Bodenart der angeschnittenen Erdschichten abhängig und wird daher, um Abrutschungen zu vermeiden, für die lockeren Bodenarten (s. d.), ganz wie bei Dammschüttungen, der natürlichen Böschung des betreffenden Materials entsprechen müssen, also 1,5 : 1 bis 2 : 1 (Breite : Höhe) betragen.


Fig. 1.

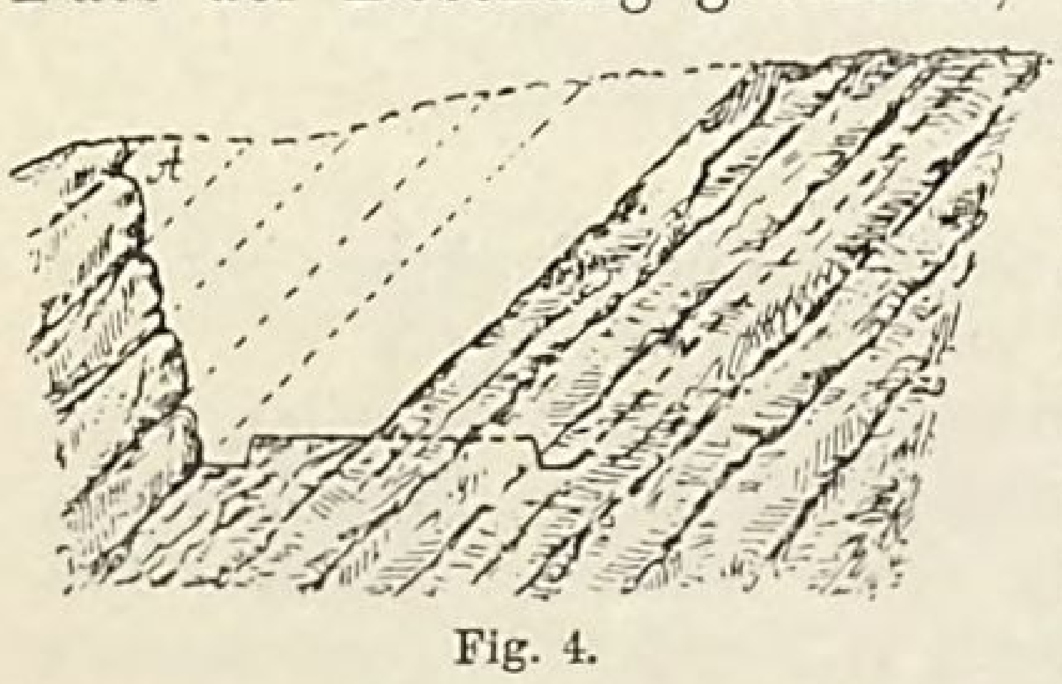
Stichboden gestattet steilere Böschungen bis zu 1 : 1, während bei Felsboden je nach der Schichtung, Zerklüftung und Wetterbeständigkeit die Böschung senkrecht, ja sogar überhängend angenommen werden kann. Ueber die Befestigung und Entwässerung der Böschungen gibt der Artikel Böschungsarbeiten Auskunft. Statt der Anwendung von Bermen (s. d.), welche das Eindringen des Regenwassers in das Innere der Böschung nur erleichtern, kann bei gleicher Abtragsmasse eine grössere Neigung angenommen werden (s. Fig. 3).


Fig. 2.

Nur am Fuss der Böschung ist zweckmässig vor dem Graben eine Berme anzuordnen, um den letzteren vor einer Verschüttung durch etwa herabgleitende Massen zu schützen. Der Einschnittgraben hat nicht allein das von den Böschungen herabfliessende Wasser aufzunehmen, sondern auch zur Entwässerung des Strassen- oder Eisenbahnplanums zu dienen und ist demnach mindestens 0,75 m tief und in der Sohle etwa 0,3 m breit zu bemessen. Sein Gefälle muss mindestens 1 : 500 betragen; hat die Einschnittsohle ein geringeres Gefälle, so ist der Graben in der Richtung des Gefälles entsprechend zu vertiefen, was, unter Beibehaltung der üblichen Grabenböschungen, eine Verbreiterung des ganzen Einschnitts oder eine Einfassung des Grabens mit Mauern oder endlich die Anordnung einer Drainleitung unter der Grabensohle erfordert.


Fig. 3.

— Die Inangriffnahme eines Einschnitts hat stets mit Steigung, d. h. in der Weise zu geschehen, dass gleichzeitig eine Entwässerung desselben erfolgt; sodann ist es wünschenswert, dass die Lösung des Bodens möglichst am Fuss der Böschung geschieht, um ein selbstthätiges Nachstürzen des Materials, soweit dasselbe für die Arbeiter ungefährlich ist, ausnützen zu können; ferner sind möglichst lange Angriffswände oder auch durch Bildung von Terrassen möglichst viele Angriffsstellen anzuordnen, damit viele Fördergefässe gleichzeitig verwendet werden können.


Fig. 4.

— Die Bodenlösung kann von Hand oder durch Grabmaschinen erfolgen. Geschieht sie von Hand, so kommen als Transportmittel der Schubkarren, der Kippkarren und die verschiedenen, auf Gleisen durch Menschen-, Pferde- oder Dampfkraft bewegten Erdwagen in Betracht, je nachdem die zu bewegenden Erdmassen und die Transportweiten kleiner oder grösser sind, und je nach der Steigung, welche, den örtlichen Terrainverhältnissen entsprechend, den Fahrbahnen und Gleisen gegeben werden kann. In der Regel bildet die Handarbeit und die Schubkarrenförderung den Beginn. Es wird dabei der Einschnitt der Länge nach mit einem Schlitz versehen, der sich zunächst vertiefend, dann allmälich verbreiternd, auf seiner Sohle die Karrdielen bezw. die Gleise aufnimmt, wobei durch Verschieben der letzteren den Förderwagen stets eine für das Aufladen bequeme Lage zu geben ist. Hat dieser erste Abhub, bei entsprechender Höhe der seitlichen Abtragswände eine genügende Breite erlangt, so wird in seiner Sohle ein zweiter Schlitz angelegt und so bis zur Sohle des Einschnitts fortgefahren. Bei Felsboden ist bei dieser Art der Inangriffnahme auf das Fallen und Streichen der Schichten zu achten. Streichen dieselben parallel zur Längsrichtung des Einschnitts, so wird man das Aufschlitzen an der Seite beginnen, nach welcher die Schichten fallen, also nach Fig. 4 bei *A*, da geneigte Schichten

am besten von unten nach oben gelöst und gewonnen werden. Streichen die Schichten dagegen quer zur Längsrichtung, so muss, den Schichten entsprechend, die Lösung „vor Kopf", am besten dem Längenschnitt nach terrassenförmig vorgenommen werden (s. Fig. 5). Handelt es sich um einen A n s c h n i t t, so wird die Thalwand zunächst in der Höhe der Sohlenebene des Einschnitts angeschnitten und mit einer Förderbahn versehen. Ist der Anschnitt sehr tief, so kann in verschiedenen Höhenlagen, die der beabsichtigten Höhe der Angriffswände entsprechen, gleichzeitig mit der Anschnittarbeit begonnen werden. Bei sehr hoch liegenden Einschnitten, die steile oder mit grossen Umwegen anzulegende Förderbahnen bedingen, sind mit Vorteil sogen. „B r e m s b e r g e (s. d.) verwendet worden, während für sehr tiefe Einschnitte fast allgemein der e n g l i s c h e E i n s c h n i t t s b e t r i e b (s. E i n s c h n i t t s b e t r i e b, e n g l.) sich eingebürgert hat.

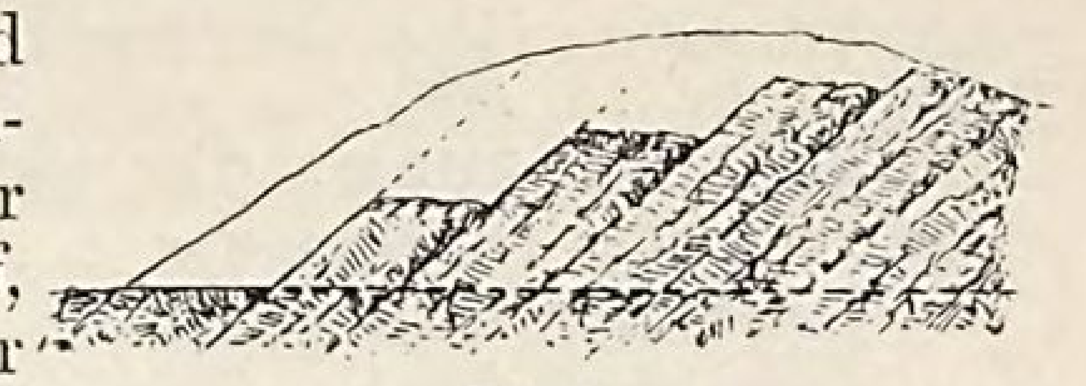


Fig. 5.

Litteratur s. unter E r d a r b e i t e n. *L. v. Willmann.*

Einschnittige Vernietung, s. N i e t v e r b i n d u n g e n.

Einschnittsbetrieb, e n g l i s c h e r. Diese zuerst in England zur Aushebung tiefer Einschnitte in weicheren Bodenarten angewendete Methode besteht darin, dass etwa in der Sohlenhöhe des herzustellenden Einschnitts ein Stollen von 2,3 m Breite und 2,6 m Höhe durch die Erderhebung getrieben wird, in welchem Transportwagen auf Schienen verkehren können. Sodann werden gleichzeitig in der Längenrichtung des Stollens Schächte von etwa 1,5 qm Querschnitt hergestellt, durch welche, bei trichterförmiger Erweiterung des oberen Endes derselben, der Boden in die unten bereit stehenden Wagen gestürzt wird. Werden die Trichterböschungen zu flach, so müssen neue Schächte angelegt werden. Die Ausschachtung und Auszimmerung des Stollens und der Schächte geschieht wie im T u n n e l b a u. Als Vorteile dieser Methode werden von R z i h a [1] hervorgehoben: die geringen Gewinnungs- und Ladekosten, die leichte Anlage der Transportbahnen wegen der Vermeidung grosser Gefälle, die Ersparnis von Gleisen und Weichen und die leichte Entwässerung durch den Sohlenstollen. Allerdings leiden bei grossen Höhen der Schächte die Transportwagen durch das Aufschlagen der abstürzenden Bodenmassen und die Herstellung des Stollens und der Schächte erfordert einen gewissen Aufwand; dennoch ergibt sich nach M e y e r [2], dass für zweigleisige Bahneinschnitte auch in mildem Gebirge der englische Betrieb schon bei 8 m Tiefe mit Vorteil angewendet werden kann und dass bei 20 m Tiefe derselbe in jedem Felsboden selbst für eingleisige Einschnitte mit einer Ersparnis gegenüber dem gewöhnlichen Betriebe verbunden ist. S. auch E i n s c h n i t t.

Litteratur: Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1870, S. 64; daselbst 1881, S. 25; Zeitschr. des österr. Ing.- u. Arch.-Ver. 1880, S. 144; Handb. f. Baukunde, Abt. III, Heft 4, S. 46 und 61. — [1] Rziha, Der englische Einschnittsbetrieb, ein Beitrag zum Erdbau, Berlin 1872. — [2] Handb. d. Ing.-Wissens., Bd. 1. Kap. 3, S. 395. *L. v. Willmann.*

Einschnittsgräben, s. E i n s c h n i t t und B a h n g r ä b e n.

Einschnittsstollen. Wenn die Inangriffnahme eines Tunnelbaues durch längere Voreinschnitte behindert ist, deren vorherige Ausschachtung die zur Verfügung stehende Bauzeit zu sehr beschränken würde, so ist man zur Anlage eines Einschnittsstollens genötigt, um durch denselben zum Tunnel gelangen zu können. In der Regel findet der Einschnittsstollen dann seine Fortsetzung im Sohlstollen (s. d.), der Tunnel und seine Lage ist durch diesen bedingt. Im übrigen wird man ihn meist auf das Planum des Einschnitts legen, wenn nicht besondere Verhältnisse, wie sie durch Wasserabführung oder Lage der Materiallagerplätze und Halden geboten sein können, eine höhere Lage bedingen. Durch den Angriffsplan (s. d.) sind die zu wählenden Dimensionen des Einschnittsstollens bedingt, und es empfiehlt sich eine sehr sorgfältige Erwägung dieser Verhältnisse, um Störungen bei der Förderung (s. d.) zu vermeiden. In der Regel genügt eine Lichtweite von 2,5—3 m und eine Lichthöhe von 2,5—2,8 m selbst für schwierigere Transportverhältnisse und Anwendung kleiner Lokomotiven. Eine interessante Lösung in einem Einzelfall bietet die Beschreibung des Baues

des Altenburger Tunnels [1], in welchem der Ausbau des Einschnittsstollens unter Verwendung alter Eisenbahnschienen erfolgte. Zuweilen bietet die Anlage eines Einschnittsstollens auch Gelegenheit zur Anwendung englischen Einschnittsbetriebes für die Aufgewältigung des Voreinschnittes.

Litteratur: [1] v. Oer, Der Tunnel bei Altenburg, Zeitschrift des Hannov. Arch.- und Ing.-Ver., Bd. 26, 1880. *v. Oer.*

Einschrägung, die nach dem Innenraum gerichtete Erweiterung einer Fenster- oder Thürlaibung.

Einschränkungswerk, s. Flussregulirung.

Einschubdecke (Streifboden), Holzdeckenbildung, bei welcher eine einfache oder doppelte Brettschalung, entweder senkrecht oder schräg zur Balkenrichtung in an den Balken seitlich angebrachten Nuten eingeschoben wird (Fig. 1); statt der Nuten können auch Latten dienen, welche an den Seiten der Balken festgenagelt sind (Fig. 2). Bei einfachster Ausführung können zu der Schalung sogen. Schwarten verwendet werden, worauf zur Dichtung der Zwischenfüllung eine Lage von Lehm oder Strohmörtel (s. Deckenfüllung) und zuletzt trockener Bausand aufgebracht wird; bei reicher sichtbarer Deckenbildung werden die Einschubbretter in einander gespundet und gekehlt (Fig. 3 und 3a).



Fig. 1.



Fig. 2.

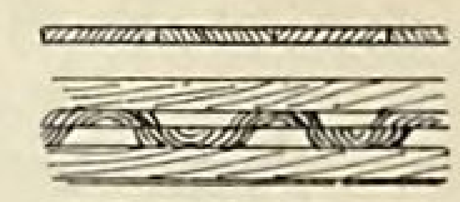
Fig. 3.


Fig. 3 a.

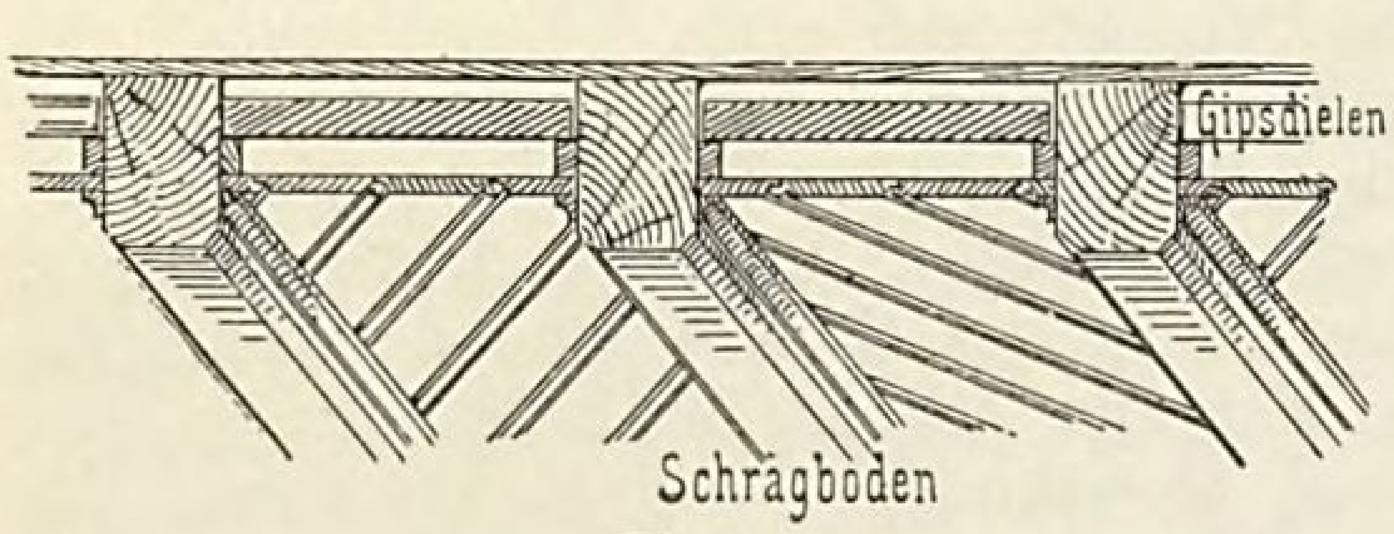



Fig. 4.

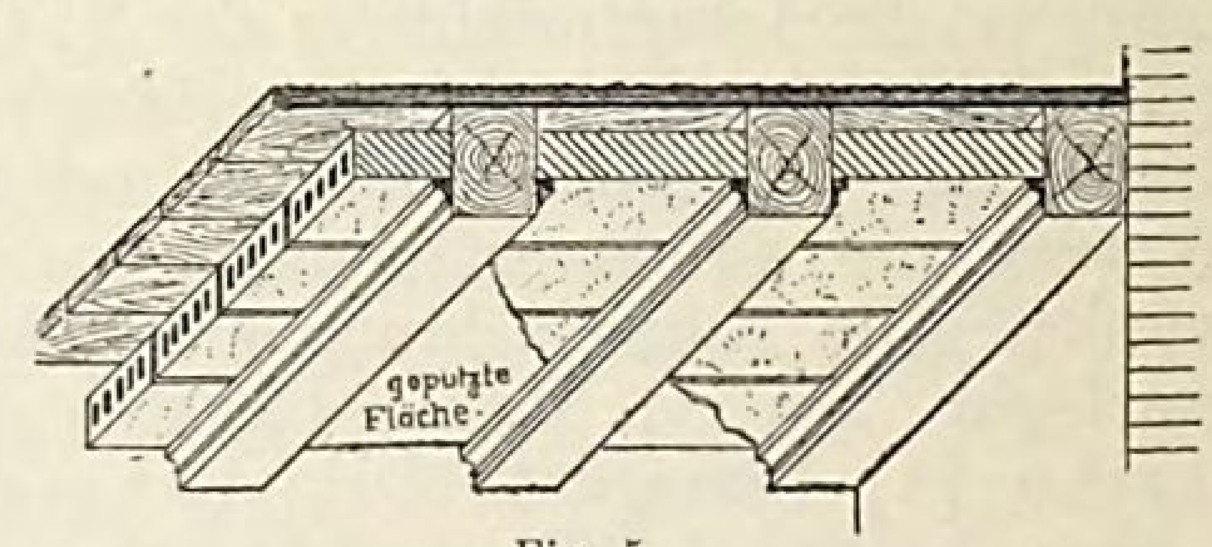
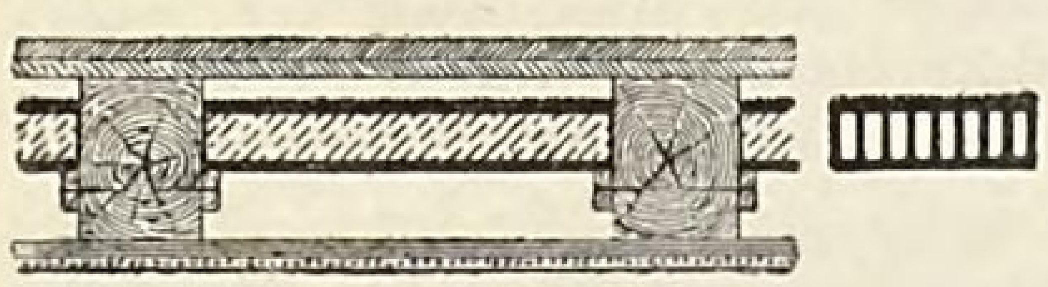


Fig. 5.

Um die senkrecht zur Balkenlage liegenden Bretter in die Nuten einführen zu können, ist in jedem Fache ein Balken auf Nutentiefe und die Breite eines Brettes auszuschneiden; dies ist entbehrlich, wenn die Bretter in schräger Richtung zu liegen kommen (Fig. 4, Schrägboden); dabei können an den Enden Abfälle verwendet werden. Die Wirkung einer solchen Holzdecke ist eine malerische, lebhafte. Statt der Einschubbretter mit der oben beschriebenen Auffüllung kommen in neuerer Zeit auch zur Verwendung: 1. Zementdielen (s. d.) aus der Fabrik von Wygasch, Maurermeister in Beuthen (Oberschl.) [1]; 2. Gipsdielen (s. d.) von Mack in Ludwigsburg; 3. Spreutafeln (s. d.) von Dr. Katz in Waiblingen, D. R. P. 52725 [2]. Diese Füllmittel in der Stärke von 5—10 cm werden auf seitlich an den Balken festgenagelten Latten eingeschoben (Fig. 5 und 6); sie bilden eine rasch ausführbare, trockene, warmhaltende und leichte Zwischenfüllung, welche zu jeder Jahreszeit zur Ausführung gelangen kann.


Fig. 6.

Litteratur: [1] O. Höffer, Die Verwendung von Zementdielen und Zementbrettern, Breslau 1895, S. 89 ff. — [2] A. Katz, Spreutafeln, Waiblingen 1894. *Weinbrenner.*

Einschubleiste, s. Einschieben.

Einschütttrichter, s. Retortenöfen.

Einschuss (Einschlag, Eintrag), s. Weberei.

Einschwenken, das Herumdrehen des auf den Bau aufzuziehenden Bauholzes mittelst der Schwenkleine, welche an einem Ende des Holzes befestigt ist, behufs Hereinschaffens in den Bau.

Einseitig wirkende Fehler, s. Beobachtungsfehler.

Einsenkung oder Durchbiegung eines Punktes einer Konstruktion, insbesondere eines Trägers (s. d.), heisst die vertikale Verrückung dieses Punktes infolge von Lasten oder sonstigen Einwirkungen (andere äussere Kräfte, Temperaturänderungen u. s. w.). Die Einsenkung eines gebogenen Stabes bei irgend einem

seiner Querschnitte ist die vertikale Abweichung der elastischen Linie (s. d.) daselbst gegen die ursprüngliche Stabaxe. Oft wird die grösste dieser Einsenkungen eines ganzen Stabes, bei Stäben mit mehreren Oeffnungen einer ganzen Oeffnung (s. Balken, kontinuirliche, Bd. 1, S. 776), als Einsenkung oder Durchbiegung kurzweg bezeichnet. Für alle wichtigeren Arten und Belastungen einfacher Balkenträger wurden die grössten Einsenkungen bereits in der Tabelle Bd. 1, S. 766, gegeben und zwar mit und ohne Berücksichtigung des gewöhnlich vernachlässigten Beitrags der Querkräfte V_x (vergl. Biegung, Bd. 2, S. 371, 377). Für einfache Bogenträger (s. Bogen, einfache, Bd. 2, S. 569) mit parabolischer Axe der Spannweite l hat man unter Vernachlässigung des hier geringen Einflusses der Querkräfte die Einsenkungen in der Bogenmitte durch eine gleichmässig verteilte Last von u per Längeneinheit und durch eine Einzellast P in der Mitte [16]:

bei 3 Gelenken	$f=\frac{\varepsilon}{60}\frac{u l^4}{Ec}$,	$f=\frac{1+16\varepsilon}{480}\frac{Pl^3}{Ec}$,	1.
bei 2 Gelenken	$f=\frac{5\varepsilon}{384(1+\varepsilon)}\frac{u l^4}{Ec}$,	$f=\frac{3+128\varepsilon}{6144(1+\varepsilon)}\frac{Pl^3}{Ec}$,	2.
ohne Gelenke	$f=\frac{\varepsilon}{64(1+6\varepsilon)}\frac{u l^4}{Ec}$,	$f=\frac{1+96\varepsilon}{3072(1+6\varepsilon)}\frac{Pl^3}{Ec}$.	3.

E ist der Elastizitätsmodul, über c, ε s. Bd. 2, S. 572. Mit $\varepsilon=\infty$ gehen 2., 3. in die entsprechenden Formeln für Balken mit beiderseits frei drehbaren und beiderseits festgespannten Enden über (vergl. Nr. 1, 2, 5, 6 der Tabelle Bd. 2, S. 766). In Betreff der Einsenkungen von Parabelbogen durch andere Belastungen, Temperaturänderungen, Stützenbewegungen und über die Formänderungen von Bogen mit beliebiger Axe und beliebigen Querschnitten s. [17].

Bei kontinuirlichen Balkenträgern pflegt man als ursprüngliche gerade Axe in einer Oeffnung die Verbindungsgerade der begrenzenden Stützpunkte anzunehmen, diese in der Stabaxe gedacht (Fig. 1). Bezeichnen c, c', y die Ordinaten der fraglichen Stützpunkte bei 0 und l und der elastischen Linie an beliebiger Stelle x, so ist die Einsenkung bei x (vergl. Fig. 1):

$$f=y-c-\frac{c'-c}{l}\,x. \qquad 4.$$

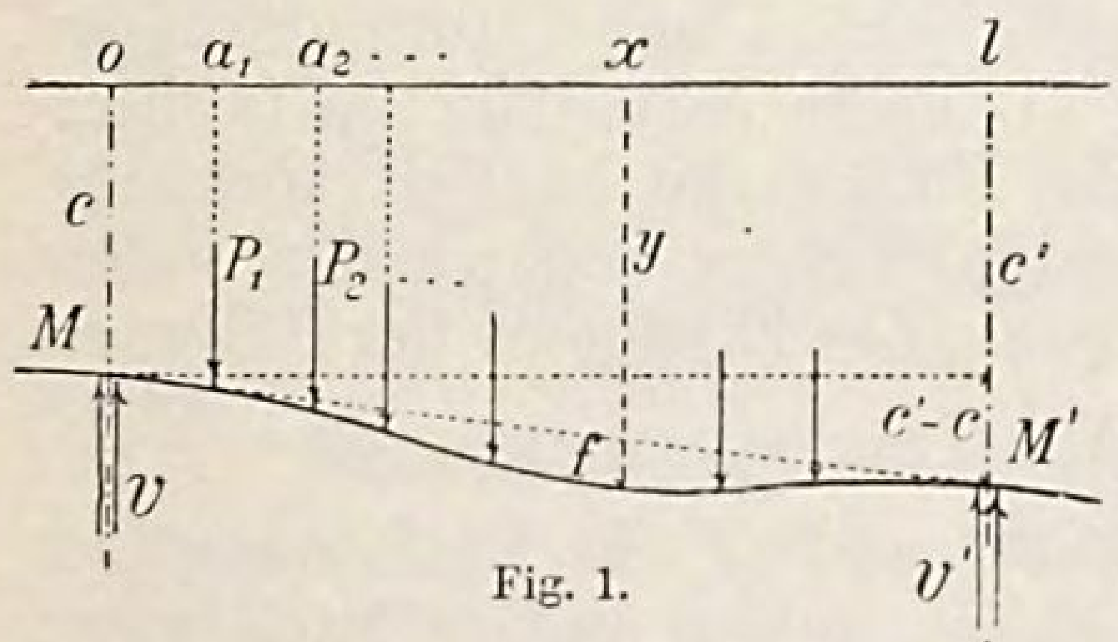


Fig. 1.

Für die Abcsisse e der grössten Einsenkung gilt hiernach die Bedingung:

$$x=e,\ \text{wo}\ \frac{dy}{dx}-\frac{c'-c}{l}=0. \qquad 5.$$

Wird, wie gewöhnlich, das Produkt EJ aus Elastizitätsmodul und Trägheitsmoment konstant angenommen (eventuell als Mittelwert), so folgen mit den für diesen Fall giltigen Ausdrücken von y, $\frac{dy}{dx}$ (s. Elastische Linie) aus 4., 5. bei beliebiger Belastung:

$$f=\left(\beta-\frac{c'-c}{l}\right)x-\frac{1}{6EJ}\left[3Mx^2+Vx^3-\sum_0^x P(x-a)^3\right], \qquad 6.$$

und für den Ort der grössten Einsenkung:

$$x=e\ \text{wo}\ \beta-\frac{c'-c}{l}-\frac{1}{2EJ}\left[2Mx+Vx^2-\sum_0^x P(x-a)^2\right]=0. \qquad 7.$$

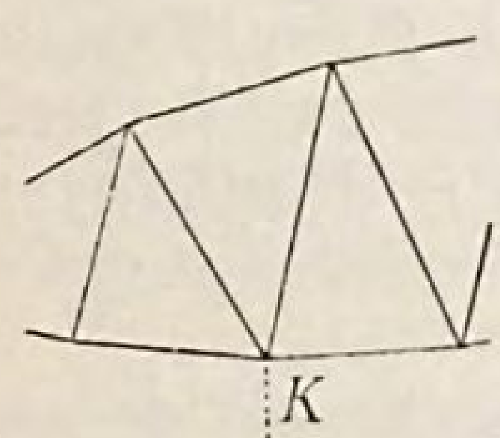


Fig. 2.

In diesen Gleichungen ist

$$V=\frac{1}{l}\left[M'-M+\sum_0^l P(l-a)\right], \qquad 8.$$

und β (die Tangente des Neigungswinkels der elastischen Linie bei 0) bestimmt durch

$$\beta-\frac{c'-c}{l}=\frac{1}{6EJ}\left[M'l+2Ml+\frac{1}{l}\sum_0^l Pa(l-a)(2l-a)\right], \qquad 9.$$

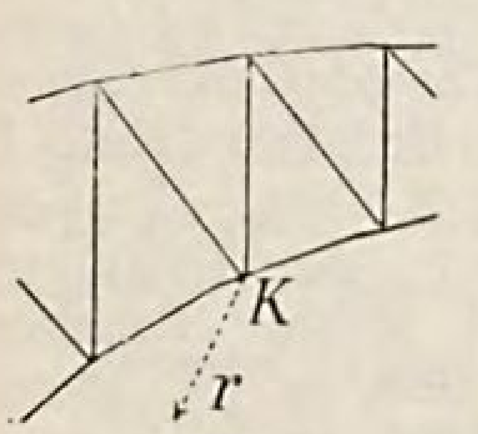


Fig. 3.

während die Stützenmomente M, M' bei 0 und l nach Bd. 2, S. 559, 577, berechnet werden können. In 6., 7., 9. ist der Einfluss der Querkräfte V_x auf die Formänderungen nicht berücksichtigt (vergl. Elastische Linie). Wollte man ihn in Rechnung ziehen, was bisher bei kontinuirlichen Balken nicht geschah, so würden auch M, M' im allgemeinen beeinflusst werden; doch pflegt der Einfluss von V_x des kleineren Verhältnisses der Höhe zur Spannweite wegen geringer als bei einfachen Balken zu sein. Ueber die Werte der Summen Σ, welche sich auf die Lasten zwischen den beigesetzten Grenzen beziehen, für gleichmässig verteilte und sonstige stetig verteilte Lasten s. Belastung der Träger. Die Gleichungen 6.–9. gelten auch für einfache Träger und haben beispielsweise die Werte in der vorletzten Kolumne der Tabelle Bd. 2, S. 766, geliefert.

Es handle sich nun um die Einsenkung eines beliebigen Knotenpunkts K (oder dessen Verrückung in beliebiger Richtung r) eines statisch bestimmten Fachwerks (s. d.) durch beliebige Belastung und sonstige äussere Kräfte. Durch diese Einwirkungen mögen in den Fachwerkstäben Beanspruchungen $S_1, S_2, \ldots$ der ganzen Querschnitte $F_1, F_2, \ldots$ entstehen, während $s_1, s_2, \ldots$ die Längen und $E_1, E_2, \ldots$ die Elastizitätsmoduln dieser Stäbe bezeichnen. Berechnet man dann noch diejenigen Beanspruchungen $\varrho_1, \varrho_2, \ldots$, welche in den Fachwerkstäben durch eine im Knotenpunkte K vertikal abwärts wirkende (bezw. in der Richtung r wirkende, Fig. 2, 3) Kraft $P = 1$ allein entstehen, dann folgt die Einsenkung des Knotenpunkts K (bezw. seine Verrückung in der Richtung r) [2] S. 512:

$$f = \Sigma \frac{\varrho s}{E F} S, \qquad 10.$$

worin die Summe auf alle Stäbe zu erstrecken ist. Bei Bogenfachwerken (s. d.) hat man mitunter die Einsenkung durch Temperaturänderungen $\tau_1, \tau_2, \ldots$ der Stäbe gegen eine dem spannungslosen Zustande entsprechende Normaltemperatur zu berücksichtigen. Alsdann tritt an Stelle von 10., [4] S. 243:

$$f = \Sigma \left(\frac{S}{E F} + \alpha \tau\right) \varrho s, \qquad 11.$$

worin auch die S mit Rücksicht auf die Temperaturänderungen zu berechnen sind. Gewöhnlich werden die E, α, τ für alle Stäbe gleich angenommen, in welchem Falle die τ bei Bogen mit drei Gelenken (solche mit zwei Gelenken und ohne Gelenk sind nicht statisch bestimmt) keinen Einfluss auf die S ausüben. Für einfache und kontinuirliche Balkenfachwerke (s. d.) entstehen durch gleichmässige Temperaturänderungen bei gleichen α überhaupt keine Einsenkungen. Handelt es sich um statisch unbestimmte Fachwerke, dann haben die Summen in 10., 11. nur die zur statischen Bestimmtheit notwendigen Stäbe zu umfassen (s. Fachwerke, statisch unbestimmte), die ϱ sind für letztere unter Wegfall der überzähligen Stäbe und Reaktionen zu berechnen, während die S die Beanspruchungen der notwendigen Stäbe in dem vollständigen Fachwerk (einschliesslich der überzähligen Stäbe und Reaktionen) durch die wirklichen äusseren Kräfte und Temperaturänderungen bedeuten. Nebenspannungen (s. d.) sind in 10., 11. nicht berücksichtigt (s. hierüber [3], [12]). Statt 10. oder 11. hat man für Fachwerke häufig Näherungsformeln auf Grund der Gleichungen für vollwandige Träger angewendet, indem man z. B. bei Parallelträgern unter Vernachlässigung des Einflusses der Füllungsglieder den ganzen Querschnitt $F = 2A$ und das Trägheitsmoment $J = \frac{A h^2}{2}$ setzte, wenn A den mittleren Gurtungsquerschnitt und h die Entfernung der Gurtungsschwerpunkte bezeichnen. In anderen Fällen kamen andere Mittelwerte zur Verwendung. Für die gewöhnlichen Balkenfachwerke auf zwei Stützen wäre für solche Berechnungen von den Ausdrücken 1 bis 4 von f der Tabelle Bd. 2, S. 766, auszugehen; doch sind derartige Näherungsformeln nur so weit zuzulassen, als sie durch genauere Berechnungen oder Versuche Bestätigung fanden. Ueber den Wert von Einsenkungsmessungen bei Probebelastungen s. u. a. [3], [18], [19].

Litteratur: [1] Weyrauch, Allgemeine Theorie und Berechnung der kontinuirlichen und einfachen Träger, Leipzig 1873, S. 21, 77, 80, 82, 83, 86. — [2] Mohr, Beitrag zur Theorie des Fachwerks, Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Vereins zu Hannover 1874, S. 509. — [3] Engesser, Die Durchbiegungen von Fachwerkträgern und die hierbei auftretenden zusätzlichen Spannungen, Zeitschr. f. Baukunde, 1879, S. 589. — [4] Weyrauch, Aufgaben zur Theorie elastischer Körper, Leipzig 1885, S. 95, 96, 208, 242, 247. — [5] Winkler, Theorie der Brücken, Heft 1, Wien 1886, S. 313. — [6] Handbuch der Ingenieurwissenschaften, Bd. 2, 2. Abt., Leipzig 1890, S. 383; 4. Abt., Leipzig 1888, S. 60, 74, 94, 120, 225. — [7] Ritter, Anwendungen der graphischen Statik, II. Das Fachwerk, Zürich 1890, S. 119. — [8] Müller-Breslau, Die graphische Statik der Baukonstruktionen, II (Fachwerke), Leipzig 1892, S. 9. — [9] Ders., Die neueren Methoden der Festigkeitslehre, Leipzig 1893, S. 25, 132. — [10] R. F. Mayer, Zur Berechnung der Durchbiegung frei aufliegender Brückenträger, Zeitschr. d. österr. Ing.- u. Arch.-Vereins, 1892, S. 566, und 1894, S. 135 (Halbparabelträger, von Formeln für vollwandige Träger ausgehend). — [11] Labes, Die Durchbiegung gleichmässig belasteter Parabelträger, Zentralbl. d. Bauverwaltung, 1892, S. 399, 558. — [12] Ders., Zur Berechnung der Durchbiegung gegliederter eiserner Balkenbrücken, Zeitschr. f. Bauwesen, 1894, S. 119 (Zahlenbeispiel eines parabolischen Segmentträgers mit Berücksichtigung von Nebenspannungen). — [13] Marloh, Die Durchbiegung der Fachwerkträger, Zeitschr. f. Bauwesen, 1893, S. 473, und

1894, S. 425 (statisch bestimmte Balkenfachwerke). — [14] Pustau, Auflagerdruck, Laststellungen und Durchbiegungen vollwandiger durchlaufender Träger, zur Benützung bei Nachrechnung der amtlichen Brückenproben, Organ f. d. Fortschritte d. Eisenbahnwesens, 1894, S. 167. — [15] Land, Einfluss der Schubkräfte auf die Biegung statisch bestimmter und die Berechnung statisch unbestimmter, gerader, vollwandiger Träger, Zeitschr. f. Bauwesen, 1894, S. 611. — [16] Francke, Beitrag zur Berechnung der Durchbiegung und der Beanspruchung der eisernen Querschwelle, Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Vereins zu Hannover, 1895, S. 191 (s. auch 1894, S. 467). — [17] Weyrauch, Elastische Bogenträger, München 1896. — [18] Diskussion über den Wert von Probebelastungen, Zentralbl. d. Bauverwalt., 1892, S. 143, 197, 265, 288. 345, 351, 371, 460. — [19] Fritsche, Zweck des Messens der Durchbiegung eiserner Brücken in regelmässigen Zwischenräumen, Organ f. d. Fortschr. d. Eisenbahnwesens, 1892. — S. auch Elastische Linie. *Weyrauch.*

Einsetzeisen, 1. s. v. w. Durchschlag (s. d.); 2. auch s. v. w. Einsatz; s. Ambos.

Einsetzen des Schmiedeeisens (Einsatzhärten) nennt man dasjenige Verfahren, durch welches Gegenstände aus Schmiedeeisen oberflächlich in Stahl verwandelt werden, um ihnen eine grössere Härte und schönere Politur geben zu können. Die einzusetzenden Gegenstände werden zu diesem Zwecke in geeigneten Behältern oder Büchsen mit Holzkohlenpulver, Knochenkohle, Horndrehspänen, gerösteten Lederabfällen, Blutlaugensalz u. s. w. kürzere oder längere Zeit erhitzt bezw. geglüht und dann in Wasser abgekühlt oder abgeschreckt. (Vergl. Schweisseisen.) Besonders wird durch das Einsetzen die Politurfähigkeit erhöht, weil durch diese oberflächliche Einwirkung ein feines, gleichmässiges Korn erzielt wird. *J. Hoch.*

Einsetzweiche, s. Bahnhöfe, Bd. 1, S. 731.

Einsiedler, s. Punkte.

Einspänen, diejenige in der Tuchfabrikation, beim Pressen des Tuches zur Anwendung gebrachte Arbeit, durch welche zwischen je zwei Lagen des zusammengefalteten, zum Pressen bestimmten Gewebstückes eine sehr glatte Pappetafel, der sogen. Pressspan, eingelegt wird; s. Tuchfabrikation.

Einspänmaschine, jene in der Tuchfabrikation vorläufig jedoch nur selten angewendete Maschine, welche das sogen. Einspänen, das bisher grösstenteils noch der Handarbeit überlassen ist, durch mechanische Kraft bewirkt, d. h. zwischen die einzelnen Gewebelagen eines zum Pressen bestimmten Gewebestückes einen Pressspan (glatte Pappetafel) einschiebt. S. Tuchfabrikation.

Einspannen, einen Bogen oder ein Gewölbe zwischen bestehenden Widerlagsmauern ausführen.

Einspannung. Als Einspannung eines Stabes bezeichnet man die Festhaltung eines Stabendes, durch welche die freie Drehung des Querschnitts am Ende der freien Länge (Lichtweite) daselbst bei der Biegung verhindert wird. Eine vollkommene Einspannung würde man haben, wenn jede Bewegung jenes Einspannungsquerschnitts ausgeschlossen wäre und damit nach den Voraussetzungen der Biegungstheorie (Bd. 2, S. 365) auch die Stabaxe an der Einspannungsstelle von unveränderlicher Richtung bliebe. Dies würde jedoch erfordern, dass das Material unter dem Einflusse der Widerstände, welche die Einspannung bewirken, gar keine Formänderungen erlittte, so dass eine vollkommene Einspannung praktisch nicht erreichbar ist [1], wie auch in anderen Fällen keine starren Stützen existiren und z. B. bei kontinuirlichen Balken die Zusammendrückung des Stützenmaterials von Einfluss auf die Beanspruchungen werden kann (Bd. 1, S. 782). Die Wirklichkeit wird stets zwischen den zwei Extremen vollkommener Einspannung und vollkommen freier Drehbarkeit liegen; sie kann aber je nach der Art der Einspannung und dem Material der einspannenden Körper der vollkommenen Einspannung sehr nahe kommen (Knickversuche mit eingespannten Stäben etc.). Sobald die Senkung und Neigung der Einspannungsquerschnitte oder Axenden durch Beobachtung oder Rechnung festgestellt sind, lässt sich deren Einfluss auf die Beanspruchungen der gebräuchlichen Balken (s. d.) und Bogen (s. d.) bestimmen, da entsprechende Formeln für dieselben auf solche Bewegungen Rücksicht nehmen. Vergl. bezüglich nicht horizontaler Einspannung von Balken Bd. 1, S. 760, 761, von Bogen Bd. 2, S. 575, Näheres in [2], [11]. In den meisten Fällen ist man auf Schätzungen angewiesen und dann gilt für Querschnittsermittelungen etc. die Regel, eher zu ungünstig als

zu günstig zu rechnen (s. Dimensionenberechnung). Bei Balken mit einem festgespannten und einem freischwebenden Ende (Freiträger, Fig. 9, 10), welche für Balkons, Galerien u. s. w. im Hochbau sehr häufig Verwendung finden, hat die theoretische Unvollkommenheit der Einspannung bei sonst richtiger Ausführung keinen in Betracht kommenden Einfluss auf die Beanspruchungen. Für Balken auf zwei Stützen sind die Beanspruchungen um die Mitte bei freier Auflagerung, gegen die Enden bei Einspannung der letzteren am grössten. Man hat nun bei Querträgern, Schienenträgern u. s. w. von Brücken mitunter so gerechnet, dass die Dimensionen und Befestigungsmittel den jeweilig ungünstigsten der beiden Extreme angepasst wurden [2], S. 152 (vergl. auch [11], IV Q.). Soll der Träger konstanten Querschnitt erhalten, so ist bei freier Auflagerung das grösste Widerstandsmoment (s. Bd. 2, S. 366) erforderlich. Infolge der Annahme vollkommener Einspannung bei eingemauerten Balken des Hochbaues erwiesen sich die gewählten Profile mehrfach nachträglich als zu schwach, so dass mit Recht empfohlen wurde, die Profile in allen solchen Fällen wie bei freier Auflagerung anzunehmen [5]. Zu beachten ist bei Einmauerungen, dass die Beziehungen für Balken freie Beweglichkeit in einer der Längsrichtungen voraussetzen; die Ausserachtlassung dieses Umstandes kann bei starken Temperaturänderungen (Brände) auch zur Zerstörung des Mauerwerks führen [4]. Bei Brückenbogen mit eingespannten Enden (Bogen ohne Gelenke) kann man sich von dem Einflusse unbeabsichtigter Bewegungen der Endquerschnitte auf die Beanspruchungen in ähnlicher Weise Rechenschaft geben, wie bei Bogen mit frei drehbaren Enden (Bogen mit Kämpfergelenken) von dem Einflusse kleiner Aenderungen der Spannweite [11], IV J.

Die vorstehenden allgemeinen Gesichtspunkte betreffen zunächst die freie Stablänge; es kommen auch die Verhältnisse der eingespannten Enden in Betracht. Dieselben sind von der Art der Einspannung abhängig. Praktisch interessiren nur die Verhältnisse bei horizontalen Balkenträgern. M und V seien das Biegungsmoment und die Querkraft im Einspannungsquerschnitt eines solchen; sie lassen sich für alle Arten und Belastungen horizontaler Balken nach den Bd. 1, S. 760, 761, 766, 767, gegebenen Gleichungen berechnen. Erfolgt die Einspannung lediglich durch Festhalten des Endquerschnitts, so ist in letzterem der Querkraft V und dem Stützenmoment M zu widerstehen (Fig. 1). Ueber die Verteilung von V und M auf die Querschnittselemente und über die resultirenden schiefen Spannungen gibt die Biegungslehre Aufschluss (Bd. 2, S. 366), wonach die Berechnung der gewählten Verbindungsmittel vorgenommen werden kann. Man nähert sich dem fraglichen Falle z. B. wenn die Verbindung eines Blechträgers mit einem steifen Hauptträger durch vertikale Nietreihen in Anschlussblechen erfolgt und kann dann um so eher vollkommene Einspannung annehmen, als M damit zu gross, die Nieten zu ungünstig beansprucht erscheinen. — Einen zweiten leicht zu übersehenden Fall hat man, wenn am Ende 0 der freien Stablänge ein Auflager angeordnet ist, während an dem darüber hinausreichenden Stabende nur ein weiterer Widerstand Q in Entfernung e wirkt (Fig. 2). Zu dem von den Lasten diesseits 0 herrührenden Teil V der Auflagerreaktion kommt dann noch ein Teil W infolge der äusseren Kräfte jenseits 0. Bei Vernachlässigung des Eigengewichts des Stabendes erfordert das Gleichgewicht im Einspannungsquerschnitt $M = -Qe$, $W = Q$, wonach der Widerstand Q und die ganze Reaktion bei 0:

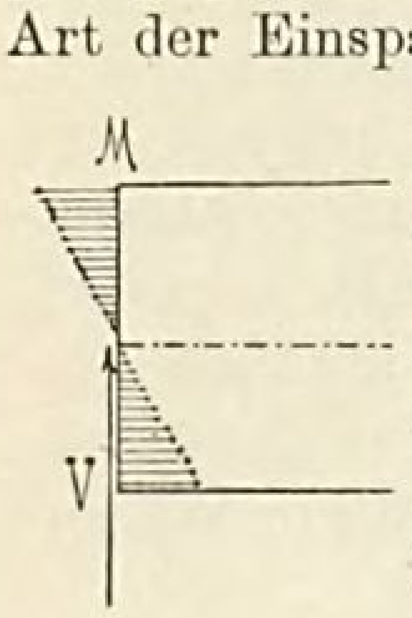


Fig. 1.

$$Q = -\frac{M}{e}, \qquad R = V + Q. \qquad 1.$$

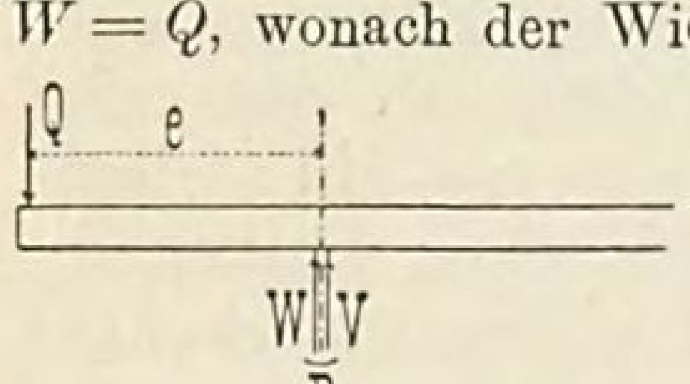


Fig. 2.

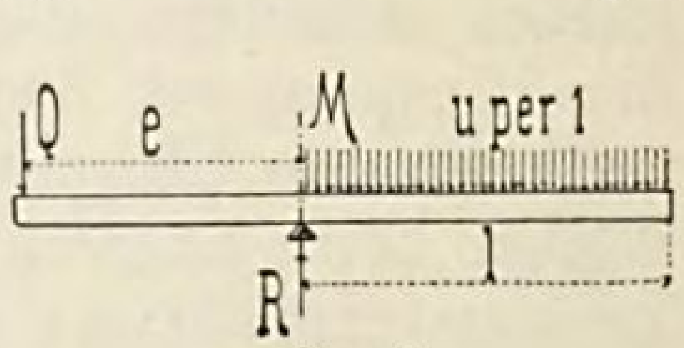


Fig. 4.

Beispielsweise ergeben sich für den Fall Fig. 3 mit $M = -Pl$, $V = P$:

$$Q = \frac{Pl}{e}, \qquad R = P\left(1 + \frac{l}{e}\right),$$

und für den Fall Fig. 4 mit $M = -\frac{ul^2}{2}$, $V = ul$:

$$Q = \frac{ul^2}{2e}, \qquad R = ul\left(1 + \frac{l}{2e}\right).$$

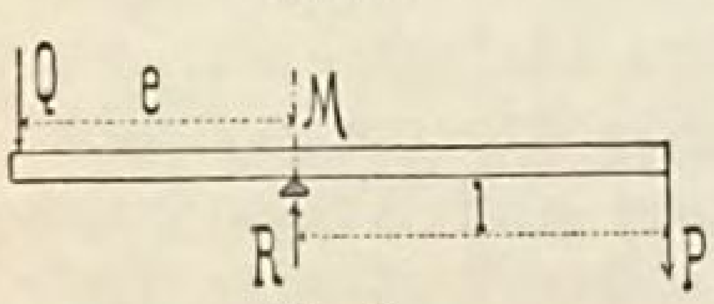


Fig. 3.

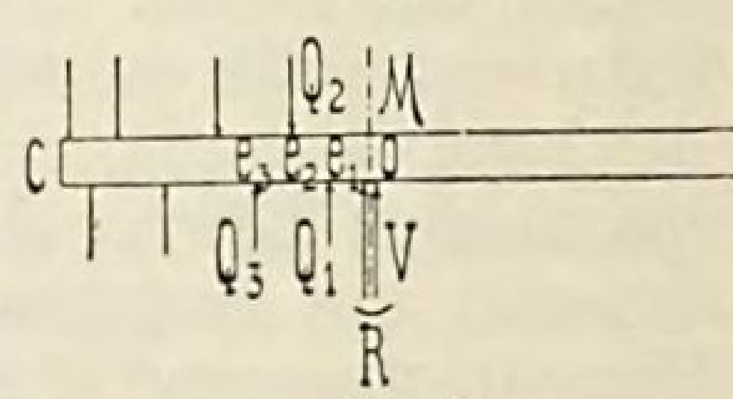


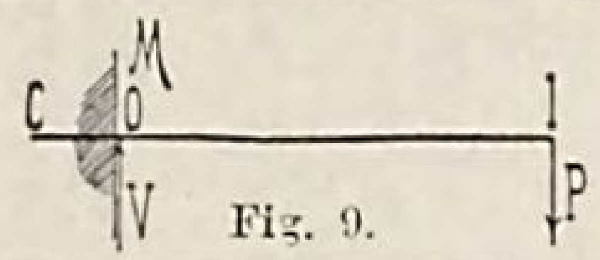
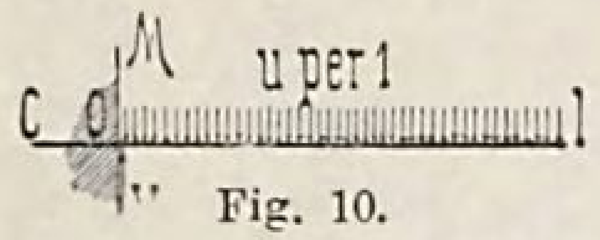
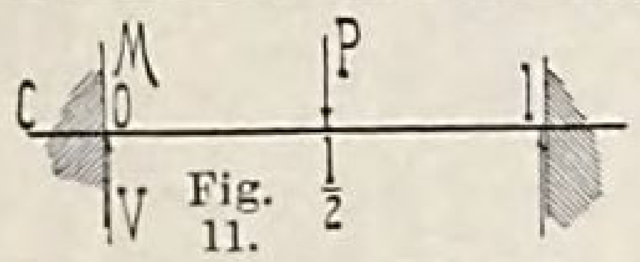
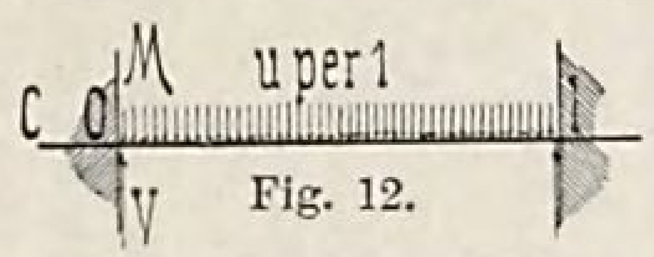
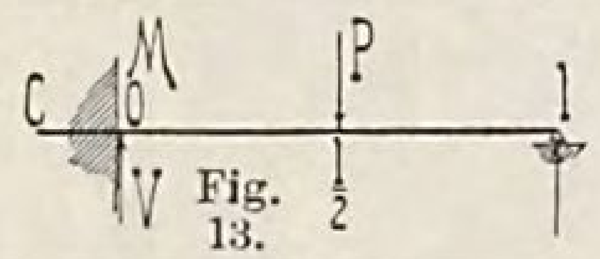
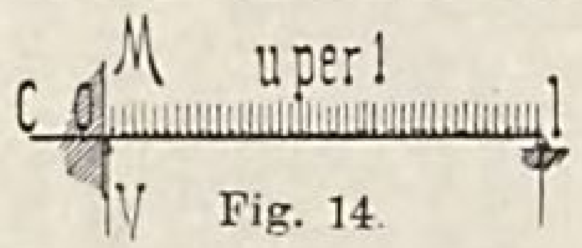
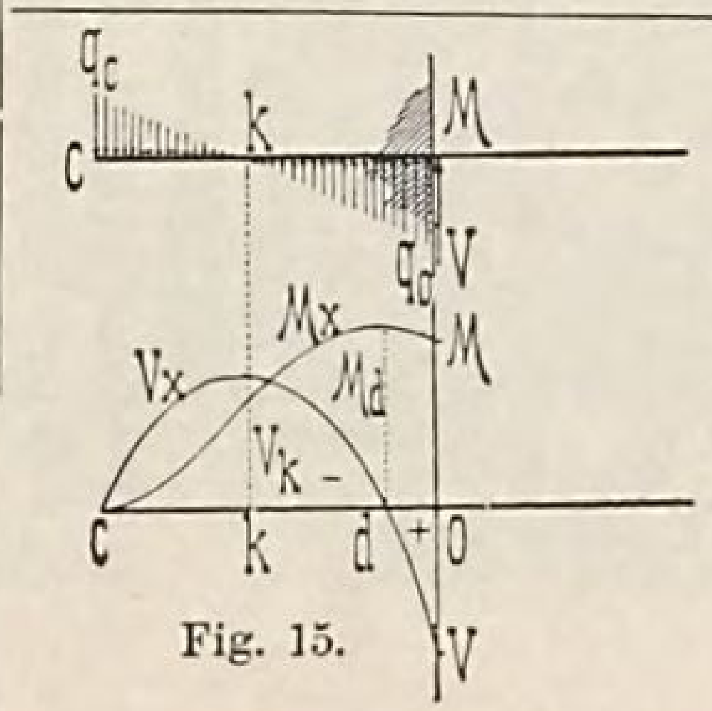
Fig. 5.

Wird die Einspannung so bewirkt, dass durch M, V zwischen 0 und dem um c entfernten innersten Querschnitt irgendwelche Widerstände $Q_1, Q_2, \ldots$ in Entfernungen $e_1, e_2, \ldots$ von 0 entstehen (positiv nach unten, negativ nach oben, Fig. 5), dann folgen analog 1.:

$$M = -\sum_0^c Q e, \qquad R = V + \sum_0^c Q. \qquad 2.$$

Diese rein statischen Gleichungen sind unter allen Umständen zu erfüllen. — Fasst man den gewöhnlich behandelten Fall Fig. 6 der Einspannung durch zwei horizontale Wände ins

Eingespannte Enden von Balkenträgern.

Nummer	Anordnung und Belastung des eingespannten Balkens.	Moment und Querkraft an der Einspannungsstelle, bei 0.	Grösste Beanspruchung der unteren Einspannungswand, bei 0.	Grösste Beanspruchung der oberen Einspannungswand, bei c.	Ort und Wert des grössten negativen Biegungsmoments (grösstes positives, bei c: $M_c = 0$).	Ort und Wert der grössten negativen Querkraft (grösste positive, bei 0: $V_0 = V$).
I	 Fig. 9.	$M = -Pl$ $V = P$	$q_0 = -\frac{2P}{bc}\left(2+\frac{3l}{c}\right)$	$q_c = \frac{2P}{bc}\left(1+\frac{3l}{c}\right)$	$d = \frac{c}{3}\,\frac{c}{2l+c}$ $M_d = -\frac{4P(3l+c)^3}{27\,(2l+c)^2}$	$k = \frac{c}{3}\,\frac{3l+2c}{2l+c}$ $V_k = -\frac{P}{3c}\,\frac{(3l+c)^2}{2l+c}$
II	 Fig. 10.	$M = -\frac{ul}{2}$ $V = ul$	$q_0 = -\frac{ul}{bc}\left(4+\frac{3l}{c}\right)$	$q_c = \frac{ul}{bc}\left(2+\frac{3l}{c}\right)$	$d = \frac{c}{3}\,\frac{c}{l+c}$ $M_d = -\frac{ul\,(3l+2c)^3}{54\,(l+c)^2}$	$k = \frac{c}{6}\,\frac{3l+4c}{l+c}$ $V_k = -\frac{ul}{12c}\,\frac{(3l+2c)^2}{l+c}$
III	 Fig. 11.	$M = -\frac{Pl}{8}$ $V = \frac{P}{2}$	$q_0 = -\frac{P}{4bc}\left(8+\frac{3l}{c}\right)$	$q_c = \frac{P}{4bc}\left(4+\frac{3l}{c}\right)$	$d = \frac{c}{3}\,\frac{2c}{l+2c}$ $M_d = -\frac{P}{216}\,\frac{(3l+4c)^3}{(l+2c)^2}$	$k = \frac{c}{6}\,\frac{3l+8c}{l+2c}$ $V_k = -\frac{P}{48c}\,\frac{(3l+4c)^2}{l+2c}$
IV	 Fig. 12.	$M = -\frac{ul^2}{12}$ $V = \frac{ul}{2}$	$q_0 = -\frac{ul}{2bc}\left(4+\frac{l}{c}\right)$	$q_c = \frac{ul}{2bc}\left(2+\frac{l}{c}\right)$	$d = \frac{c^2}{l+3c}$ $M_d = -\frac{ul\,(l+2c)^3}{12\,(l+3c)^2}$	$k = \frac{c}{2}\,\frac{l+4c}{l+3c}$ $V_k = -\frac{ul}{8c}\,\frac{(l+2c)^2}{l+3c}$
V	 Fig. 13.	$M = -\frac{3}{16}Pl$ $V = \frac{11}{16}$	$q_0 = -\frac{P}{8bc}\left(22+\frac{9l}{c}\right)$	$q_c = \frac{P}{8bc}\left(11+\frac{9l}{c}\right)$	$d = \frac{c}{3}\,\frac{11c}{6l+11c}$ $M_d = -\frac{P\,(9l+11c)^3}{108\,(6l+11c)^2}$	$k = \frac{c}{3}\,\frac{9l+22c}{6l+11c}$ $V_k = -\frac{P}{48c}\,\frac{(9l+22c)^2}{6l+11c}$
VI	 Fig. 14.	$M = -\frac{ul^2}{8}$ $V = \frac{5}{8}ul$	$q_0 = -\frac{ul}{4bc}\left(10+\frac{3l}{c}\right)$	$q_c = \frac{ul}{4bc}\left(5+\frac{3l}{c}\right)$	$d = \frac{c}{3}\,\frac{5c}{2l+5c}$ $M_d = -\frac{ul\,(3l+5c)^3}{54\,(2l+5c)^2}$	$k = \frac{c}{3}\,\frac{3l+10c}{2l+5c}$ $V_k = -\frac{ul}{24c}\,\frac{(3l+5c)^2}{2l+5c}$
VII	 Fig. 15.	M V	$q_0 = -\frac{2}{bc^2}(2Vc-3M)$	$q_c = \frac{2}{bc^2}(Vc-3M)$	$d = \frac{c}{3}\,\frac{Vc}{Vc-2M}$ $M_d = -\frac{4}{27}\,\frac{(Vc-3M)^3}{(Vc-2M)^2}$	$k = \frac{c}{3}\,\frac{2Vc-3M}{Vc-2M}$ $V_k = -\frac{1}{3c}\,\frac{(Vc-3M)^2}{Vc-2M}$

Allgemeinster Fall.

Auge, wobei an der Stelle 0 kein Auflager liegt, welches eine endliche Reaktion zu leisten vermag, dann muss sein:

$$R = 0, \qquad V = -\sum_0^c Q. \qquad 3.$$

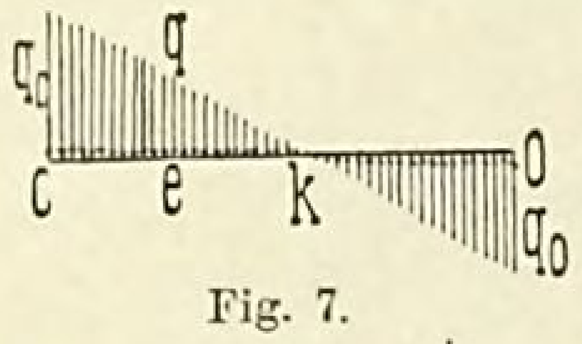


Fig. 7.

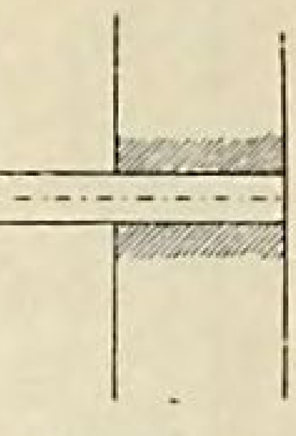


Fig. 6.

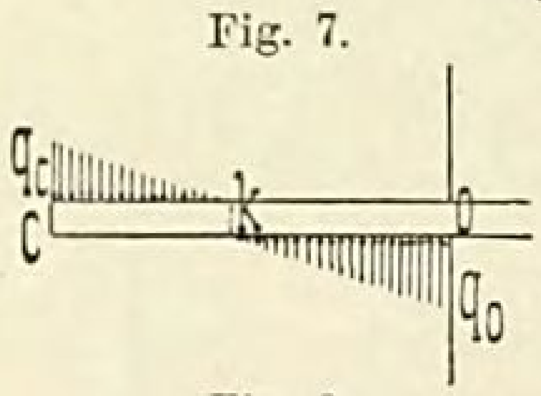


Fig. 8.

Es fragt sich nun, wie die Widerstände Q auf die Einspannungswände verteilt sind? — Bei den bisher untersuchten speziellen Fällen wurde meist angenommen, dass die Druckflächen von konstanter Breite b, die Widerstände q per Flächeneinheit in beliebigen Entfernungen e proportional deren Abständen $e - k$ von einem um irgend eine Strecke k von 0 entfernten Querschnitt zwischen 0 und c seien (Fig. 7, 8). Die grössten Beanspruchungen per Quadrateinheit der Einspannungswände treten dann bei 0 und c ein. Neben ihnen kann interessiren das grösste Biegungsmoment M_x des eingespannten Stabendes, welches nicht, wie vorausgesetzt zu werden pflegt, mit M übereinstimmt, und die grösste Vertikalkraft V_x von entgegengesetzten Vorzeichen wie V (Allgemeines über M_x, V_x s. Bd. 1, S. 759, 327), welche ebenfalls grösser wie V werden kann. Die Veränderlichkeit von M_x, V_x innerhalb des eingespannten Stabstücks ist in Fig. 15 angedeutet. Die wesentlichen Resultate der Ableitung für die gewöhnlichsten Fälle und den allgemeinsten Fall sind in der Tabelle S. 571 zusammengestellt. Alle Beanspruchungen der Einspannungswände bedeuten Druck per Quadrateinheit, die Minuszeichen der Werte von q_c beziehen sich nur auf die Richtung von unten nach oben. Aus den Formeln für q_0, q_c kann berechnet werden, welche Breite b oder Einspannungstiefe c nötig ist, damit gewisse Beanspruchungen nicht überschritten werden. Die Formeln für die Fälle III bis VI gelten unter der üblichen Vernachlässigung der Stabendendrehung infolge Zusammendrückung des Materials; man erhält damit etwas zu ungünstige q_0, q_c. Das Moment M_a nähert sich um so mehr dem Werte M, je kleiner c ist und würde für $c = 0$ den Wert M erreichen; die Einspannung könnte dann nur durch Festhaltung des Einspannungsquerschnitts bewirkt sein (Fig. 1). Die angeführten q_0, q_c entstehen durch die Belastung der freien Länge des Stabes oder allgemeiner durch die V, M allein. Käme noch eine auf die Einspannungswände gleichmässig verteilte Last G hinzu (Fig. 16), so würden die Widerstände bei 0 und c gleich $q_0 - \frac{G}{bc}$ und $q_0 + \frac{G}{bc}$, worin q_0, q_c wie oben bestimmt, wonach alle Widerstände grösser als ohne Belastung. Für das eingespannte Stabende würden zwar die M_a, V_k wie die M_x, V_x aller Querschnitte ungeändert bleiben; doch hätten die Längsschnitte neben den von den M_x, V_x herrührenden Längsschubspannungen τ (Bd. 2, S. 366) noch G aufzunehmen, so dass z. B. bei I-Trägern für genügende Sicherheit gegen Knicken oder seitliches Ausbiegen des Stegs gesorgt werden muss. — Mitunter wurde anstatt der Druckverteilung nach Fig. 7, 8 diejenige nach Fig. 17 in Betracht gezogen [8], wobei die q_0, q_c sich ebenso gross wie oben ergeben und die Differenzen der q bei jedem Querschnitte wie die q im Falle von Fig. 7, 8 werden, so dass die M_x, V_x ungeändert bleiben.

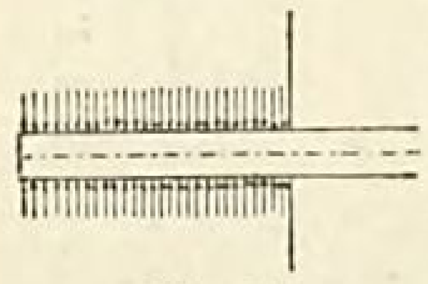


Fig. 16.

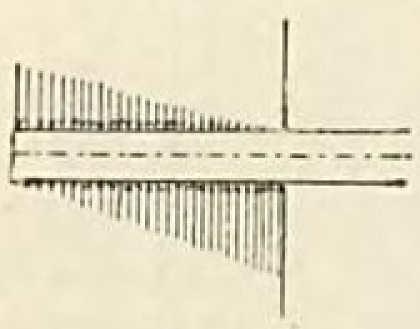


Fig. 17.

Uebrigens können beide vorgeführten Anschauungen nur als Notbehelf gelten. Während die Druckverteilungsgesetze Fig. 8, 17 um so weniger der Wirklichkeit entsprechen können, je länger und biegsamer die eingespannten Stabenden sind, wird die Einspannung um so unvollkommener, je kürzer diese Stabenden und je nachgiebiger das Material der Einspannungswände ist. Dies steht mit (anderwärts zu gebenden) Ableitungen auf Grund der Biegungstheorie im Einklang.

Litteratur: [1] Navier, Résumé des leçons données à l'école des ponts et chaussées etc., III. édition, par Saint-Venant, I, Paris 1864, S. 518, u. a. — [2] Weyrauch, Allgemeine Theorie und Berechnung der kontinuirlichen und einfachen Träger, Leipzig 1873, S. 68, 76, 81, 82, 152 (auch Aufgaben z. Theorie elast. Körper, Leipzig 1885, S. 97, 99, 100, 103). — [3] Laissle und Schübler, Der Bau der Brückenträger, I, Stuttgart 1876, S. 40. — [4] Spillner, Die Einmauerung von I-Trägern, Zentralbl. d. Bauverw., 1883, S. 294. — [5] Brik, Ueber die praktische Unzulässigkeit der Annahme „horizontaler Einspannung" der im Hochbau verwendeten und an den Auflagern übermauerten Eisenträger, Wochenschr. d. österr. Ing.- u. Arch.-Vereins, 1887, S. 161 (vergl. S. 183) — [6] Seipp, Ueber Befestigung von Freiträgern, Zentralbl. d. Bauverw., 1889, S. 159. — [7] Melan, Ueber Einspannung von Trägern in Mauerwerk, Wochenschr. d. österr. Ing.- u. Arch.-Vereins 1889, S. 229. — [8] Wittmann, Statik der Hochbaukonstruktionen, II, München 1893, (auch v. Ott, Baumechanik, II, Prag 1891, S. 395; Hilfswissenschaften zur Baukunde, Berlin 1885, S. 659). — [9], Bach, Elastizität und Festigkeit, Berlin 1894, S. 309. — [10] Francke, Die elastische Linie des Balkens, Zeitschr. f. Bauw., 1895, S. 439 (insbes. S. 447). — [11] Weyrauch, Elastische Bogenträger, München 1896.

Weyrauch.

Einspannvorrichtungen zu Festigkeitsuntersuchungen müssen derart angeordnet sein, dass ausser der gewünschten Belastung keine Nebenspannungen in dem Versuchsstück entstehen. So ist beim Biegeversuch zur Vermeidung von Torsionsspannungen für gleichmässige Auflage der Probe an den Stützpunkten in der ganzen Breite und beim Torsionsversuch zur Vermeidung von Biegungsspannungen für sichere axiale Lagerung der beiden Stabenden Sorge

zu tragen. Beim Zerreissversuch sind Biegungsspannungen und Torsionsspannungen zu verhüten, und ferner ist ebenso wie beim Druckversuch darauf Bedacht zu nehmen, dass die Belastung sich gleichmässig über den ganzen Querschnitt der Probe verteilt.

Mängel der Einspannung nach irgend einer der genannten Richtungen beeinträchtigen die Widerstandsfähigkeit des Materiales gegen die beabsichtigte Belastung; so beginnt z. B. nach den Versuchen von Bauschinger der Bruch bei ungleichförmig verteiltem (exzentrischem) Druck an der gefährlichsten Stelle, wenn die Druckspannung daselbst den Wert erreicht, bei welchem bei gleichmässig verteilter Belastung der Bruch erfolgt [1]. Druckproben werden daher zum Ausgleich mangelnder Parallelität der beiden Druckflächen zwischen ebenen Platten geprüft, von denen die eine in der Regel in einem Kugellager beweglich ist (s. Druckversuch).

Bei Zerreissversuchen mit Rundstäben, welche verstärkte Enden (Köpfe) besitzen, werden schädliche Nebenspannungen, besonders Biegungsspannungen, dadurch zu vermeiden gesucht, dass man die einander zugewendeten Kopfflächen ebenfalls gegen sogen. Kugellager stützt.

Ihre Anordnung ist derart, dass hinter die Kopfflächen der Stäbe Kugelkalotten gelegt werden, die ihrerseits wieder in kugelförmigen Höhlungen der zur Zerreissmaschine gehörigen Einspannklauen oder besonderer in letztere eingelassenen Schalen gelagert werden. Am zweckmässigsten ist es, die Kalotten *a* (Fig. 1) als geschlossene Ringe auszubilden, deren zentrische Bohrung nach der Kugelfläche zu gerade gross genug ist, um den Stabkopf hindurch zu lassen. Der obere Teil der Bohrung ist zur Aufnahme des geteilten und schwach konisch gebohrten Ringes *r* erweitert, der unmittelbar unter dem Kopf um den Schaft des Stabes herumgelegt wird [2]. Die Wirkung der Kugellager soll darin bestehen, dass sie sich beim Beginn der Belastung selbstthätig so weit drehen, dass die ringförmige Auflagefläche des Kopfes auch dann vollständig zur Anlage kommt, wenn sie bei fehlerhafter Bearbeitung des Stabes nicht senkrecht zu dessen Axe steht. Ferner sollen die Kugellager auch im weiteren Verlauf des Versuches sich verstellen können, damit die Stabaxe zur Vermeidung von Biegungsspannungen stets in der Zugrichtung bleibt, selbst wenn die Einspannteile der Maschine sich unter seitlichen Bewegungen in diese erst bei höheren Belastungen einstellen. Diese zweite Bedingung ist wegen der Reibung zwischen den Kugelflächen nicht vollkommen zu erfüllen [3].

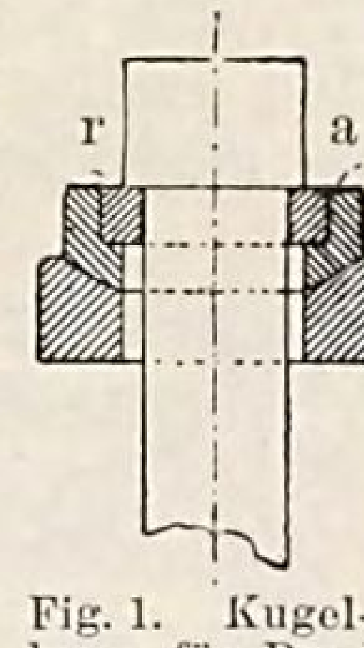


Fig. 1. Kugellager für Rundstäbe.

Die gleichmässige Verteilung der Last über den Stabquerschnitt ist bei Rundstäben mit Köpfen durch den Kraftangriff rings um den Stab herum in dem erreichbar höchsten Masse gewährleistet. Grössere Flachstäbe werden zu ihrer Einspannung entweder bei hinreichend breiten Köpfen in diesen mit Bohrungen versehen, deren Mitten genau in der Mittellinie des Stabes liegen müssen und werden dann mittelst Bolzen festgelegt, oder sie werden mit Hilfe von gezahnten oder aufgerauhten Beilegekeilen zwischen nach vorne konisch verengten Mäulern eingespannt.

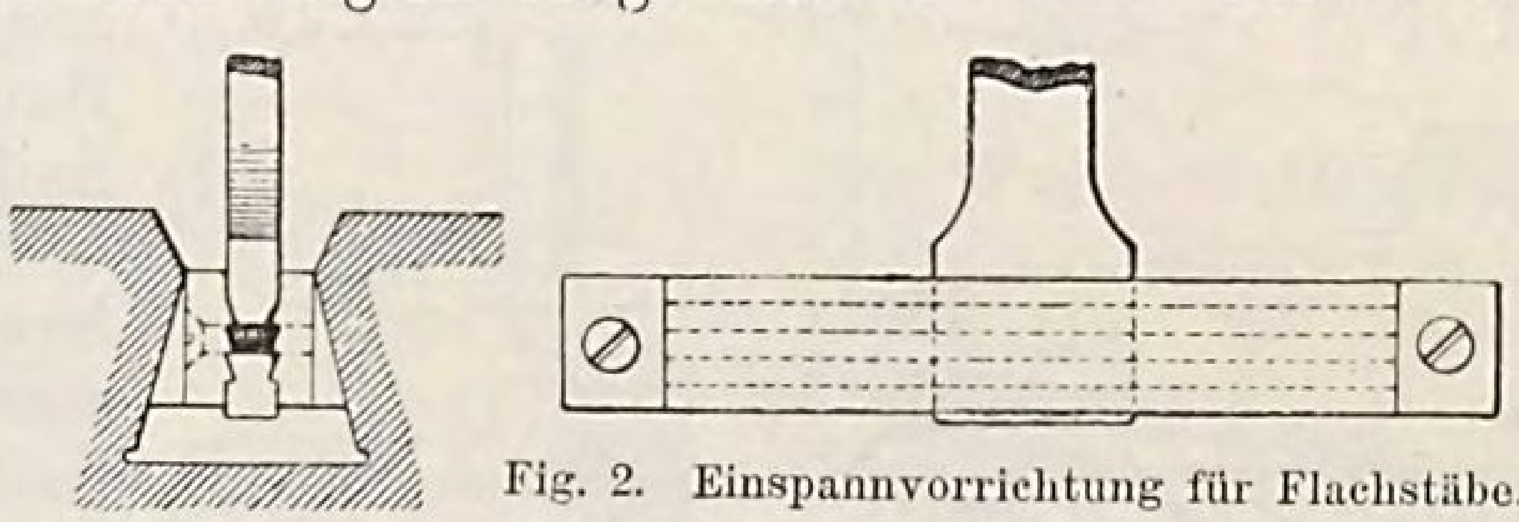


Fig. 2. Einspannvorrichtung für Flachstäbe.

Bauschinger empfahl keilförmige Riefen senkrecht zur Stabaxe in die Kopfflächen mit demselben Werkzeug einzufräsen, mit dem auch die Zähne der Keile hergestellt wurden (Fig. 2). Die Ausführung dieser Arbeit ist äusserst schwierig, und auch bei grösster Sorgfalt werden nur selten die Bedingungen erfüllt sein, dass die Riefen senkrecht zur Stabaxe stehen, an demselben Stabende einander auf beiden Seiten genau gegenüber liegen und in alle vier Flächen in der ganzen Breite gleich tief eingeschnitten sind. Ferner darf auch der Stab selbst nicht im geringsten windschief sein. Abweichungen von diesen Bedingungen verursachen, wenn die beiden Gleitflächen des Keilpaares starr mit einander verbunden sind, Biegungs- und Torsionsspannungen. Bei der Einspannvorrichtung Bauart Gravenstaden (Fig. 3) ist dieser Uebelstand dadurch beseitigt, dass die Gleitflächen verstellbar angeordnet sind. Wo eine derartige Einrichtung fehlt, empfiehlt es sich, die Stabköpfe nach beiden Seiten symmetrisch zur Mittellinie um weniges zu verschwächen, so dass die Keile, welche nun am besten mit Feilenhieb versehen werden, nur in der Mitte auf den Kopfflächen aufliegen. Die gleichmässige Verteilung der Belastung über den ganzen Stabquerschnitt wird allerdings bei der letzt beschriebenen Einspannweise erst in einiger Entfernung von den Köpfen erreicht, so dass man mit der Messlänge zur Bestimmung der Dehnung nicht bis unmittelbar an die Stabköpfe herangehen darf (s. Zerreissversuch); vollkommen wird sie indessen auch durch Anwendung gezahnter Keilbeilagen und Stäbe mit eingefrästen Riefen in den Köpfen nicht erreicht [4]. Kleinere Flachstäbe mit im Verhältnis zur Breite grosser Dicke

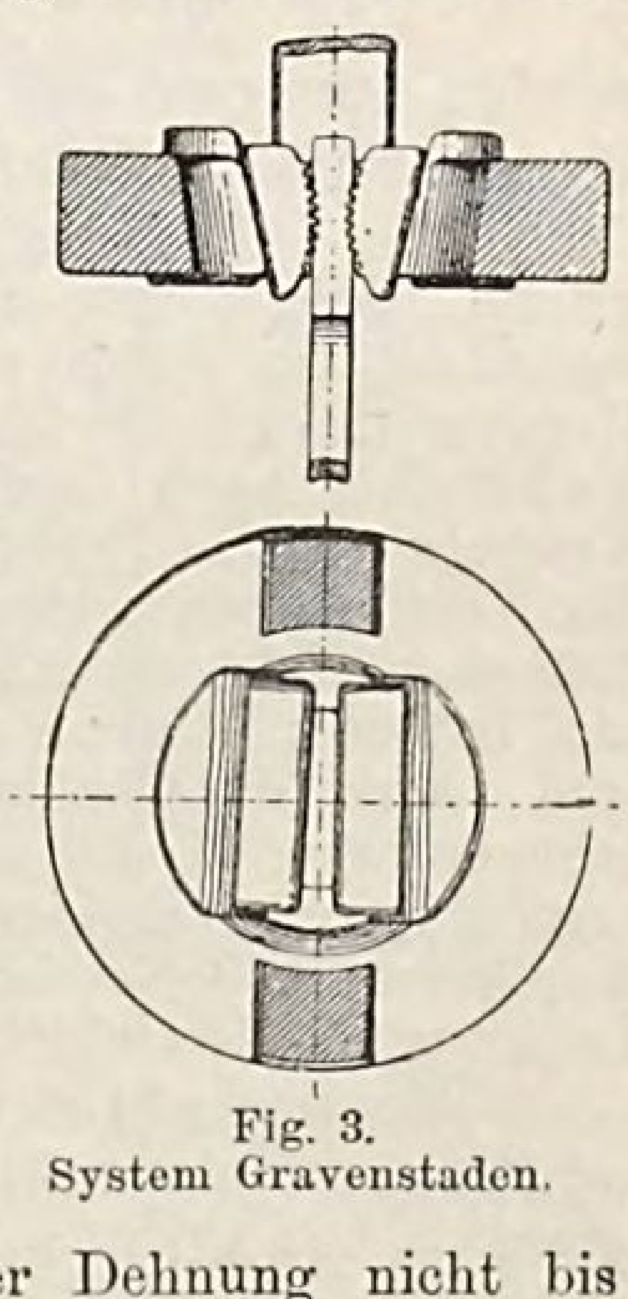


Fig. 3. System Gravenstaden.

werden vorteilhaft auf den schmalen Seiten der Köpfe mit gewindeartigen Einschnitten versehen und dann eventuell unter Anwendung geeigneter Beilagen in Muttern eingeschraubt und durch diese zugleich mit Verlängerungsstücken verbunden, die zu Rundstäben ausgebildet sind und wie diese mittelst Kugellager eingespannt werden.

Für Drähte oder Rundstangen ohne Köpfe eignen sich ebenfalls Beilagen in Form aufgerauhter Keile am besten zur Einspannung. Bei weichem dehnbarem Probematerial führt diese Einspannweise ohne besondere Schwierigkeit zu Brüchen ausserhalb der Einspannung, indem die Dehnung der Probe durch die Reibung an den Keilen verhindert und dadurch das Tragvermögen des innerhalb der Einspannvorrichtung gelegenen Stabteiles erhöht wird. Bei hartem, wenig oder gar nicht dehnbarem Material entfällt diese vorteilhafte Wirkung. Die Keile müssen daher verhältnismässig lang gewählt und so geformt werden, dass der Keildruck an der Eintrittsstelle der Probe in die Einspannvorrichtung gleich Null ist und erst nach hinten hin allmälich wächst, weil die Proben sonst zwischen den Keilen abgekniffen werden. Eine zweite Einspannweise für Drähte besteht in der Anwendung von Scheiben mit möglichst grossem Durchmesser, welche, gegen Drehung gesichert, so mit der Zerreissmaschine zu verbinden sind, dass die Zugaxe tangential zu den Scheibenumfängen liegt. Die Drahtenden werden an den Scheiben festgelegt, nachdem der Draht um beide Scheiben geschlungen ist. Hierbei soll der Gleitungswiderstand auf den Scheiben die Gefahr des Abkneifens an der Einspannstelle beseitigen. — Zur Einspannung von Drahtseilen haben sich nach den in der königlichen mechanisch-technischen Versuchsanstalt zu Berlin angestellten Untersuchungen [5] das Baumann'sche und das Kortüm'sche Seilschloss sowie das konische Gehäuse mit Metalleinguss am besten bewährt. Mit allen dreien wurde bei stetig gesteigerter Belastung die volle Seilfestigkeit erzielt, gleichviel ob die Seilbrüche im freien Teil der Probe oder an der Befestigungsstelle erfolgten; dagegen stand das letztere den beiden ersteren bei Schlagdauerversuchen erheblich nach. Bei beiden Schlössern werden die Seilenden mit Hilfe von Keilen in konischen Gehäusen festgelegt.

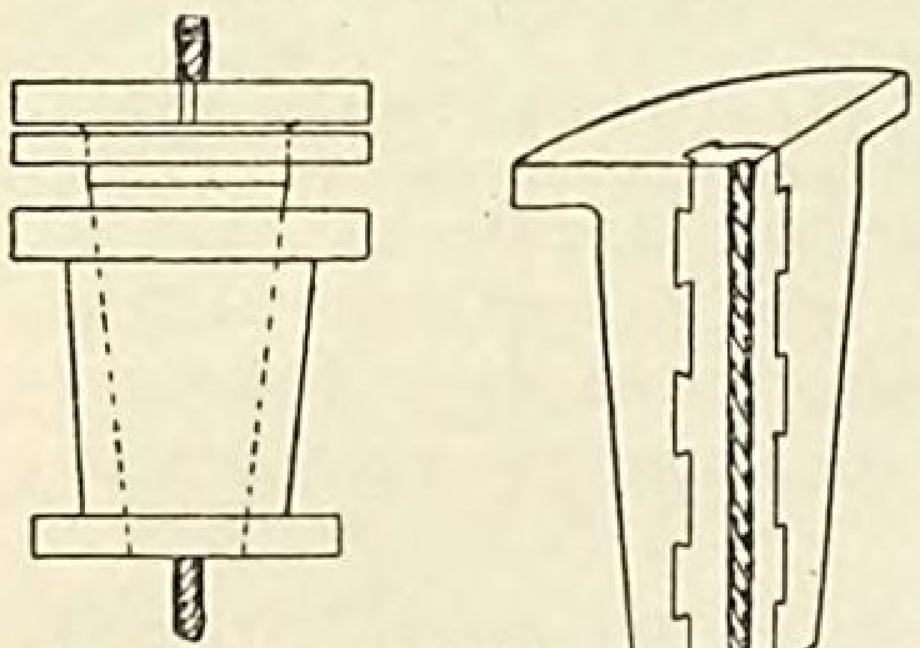


Fig. 4. Baumann'sches Seilschloss.

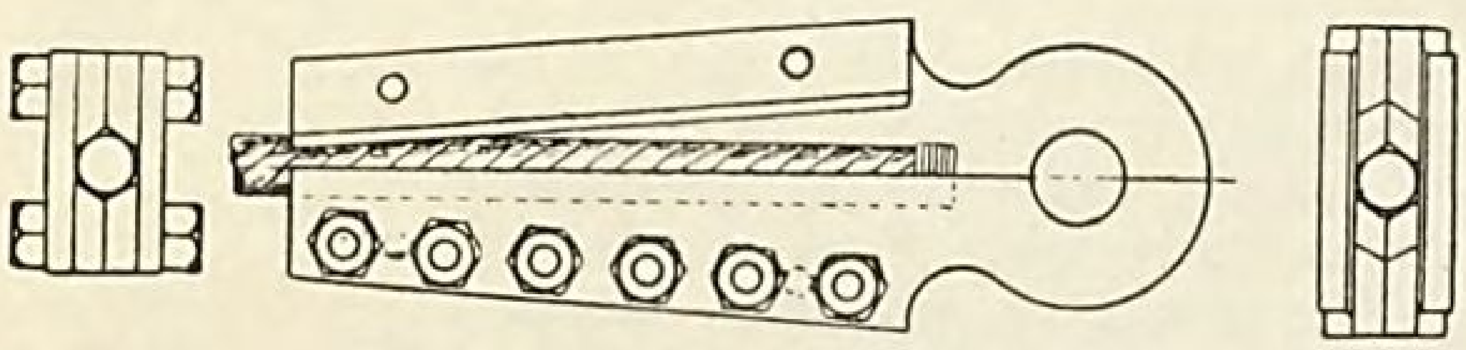


Fig. 5. Kortüm'sches Seilschloss.

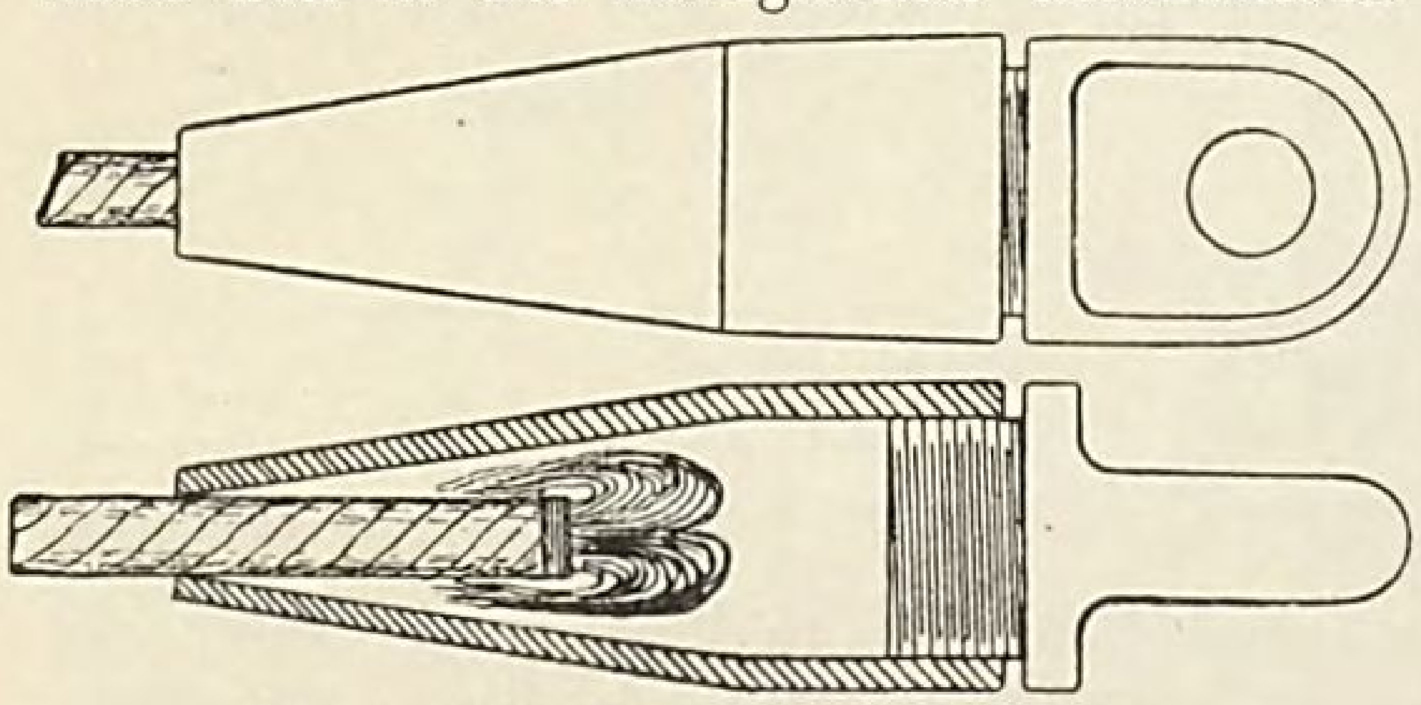


Fig. 6. Seilgehäuse mit Metalleinguss.

Die Keile beim Baumann'schen Schloss (Fig. 4) werden aus leicht schmelzbarem Metall gefertigt; sie tragen auf den Greifflächen einen Abdruck der Seiloberfläche, indem ein Probeabschnitt des Seiles umgossen und die Keile aus dem Gussstück herausgearbeitet werden. Kortüm fertigt die Keile nach dem oben angeführten Prinzip der allmälichen Zunahme des Keildruckes nach dem hinteren (stärkeren) Keilende hin und versieht die Greifflächen zur Vermehrung der Reibung mit Zähnen, welche spiralförmig angeordnet werden, so dass sie in die Vertiefungen zwischen den einzelnen Litzen hineinragen (Fig. 5). Bei Anwendung des konischen Gehäuses mit Metalleinguss (Fig. 6) wird das Gehäuse über das Seilende geschoben und letzteres in seine einzelnen Drähte aufgelöst. Nachdem diese dann verzinnt und umgelegt sind, wird das Gehäuse über den entstandenen Drahtbüschel übergeschoben und mit leicht schmelzbarem Metall ausgegossen, so dass die einzelnen Drähte eingeschlossen sind. Tetmajer empfiehlt zum Vergiessen im allgemeinen eine Legirung aus 80 Gewichtst. Zinn, 10 Gewichtst. Kupfer und 10 Gewichtst. Antimon und für Seile aus hartem Tiegelgussstahldraht folgende Legirung: 9 Gewichtst. Blei, 2 Gewichtst. Antimon und 1 Gewichtst. Wismut [6].

Hanfseile sind ebenfalls entweder mit Hilfe von Kortüm'schen Seilschlössern oder mittelst des Gehäuses mit Metalleinguss einzuspannen. Zum Einguss sind hierbei die am leichtesten schmelzbaren Wismutlote zu verwenden.

Litteratur: [1] Bauschinger, Mitteilungen aus dem mechanisch-technischen Laboratorium zu München, Heft 6, S. 17. — [2] Rudeloff, Hilfsmittel und Verfahren der Materialprüfung, Leipzig 1889. — [3] Mitteilungen aus den kgl. technischen Versuchsanstalten zu Berlin 1893.

S. 33. — [4] Bauschinger, Mitteilungen aus dem mechanisch-technischen Laboratorium zu München, Heft 14, S. 287. — [5] Mitteilungen aus den kgl. technischen Versuchsanstalten zu Berlin 1888, Heft 5 und 1893 Heft 4. — [6] Tetmajer, Mitteilungen der Anstalt zur Prüfung von Baumaterialien am eidgenössischen Polytechnikum in Zürich, Heft 4, 1890, S. 234. *Rudeloff.*

Einspannvorrichtungen, zum Prüfen von Muffen- und Flantschröhren, Formstücken, Absperrschiebern etc., dienen dazu, die offenen Enden der mit hydraulischem Druck zu prüfenden Stücke dicht zu verschliessen. Das Stück

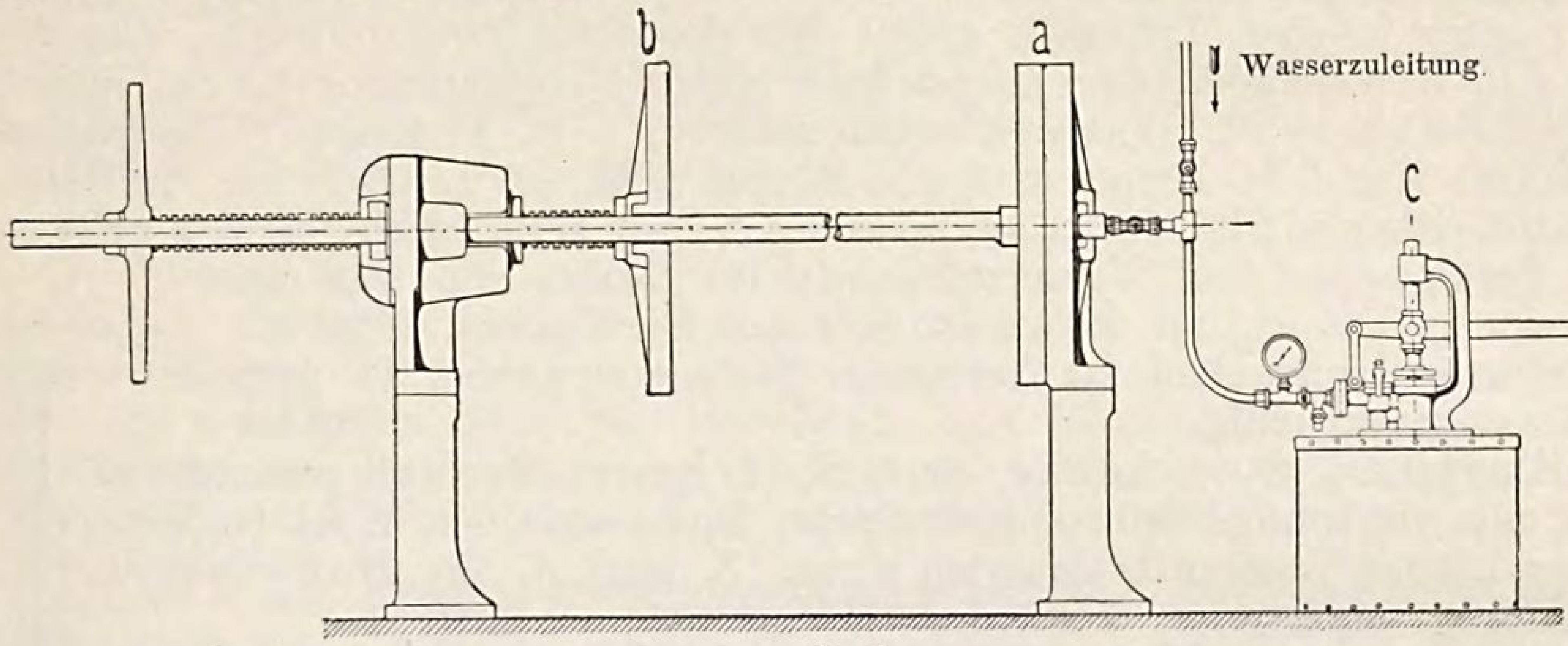


Fig. 1.

wird zu diesem Zweck zwischen zwei mit geraden Flächen versehenen Schilden *a* und *b*, von denen *a* feststehend und *b* beweglich ist, eingelegt und unter Abdichtung mit Gummi oder Hanf zwischen denselben festgespannt. Das feststehende Gussstück *a* ist in der Mitte durchbohrt und an eine Wasserleitung angeschlossen, durch welche das zu prüfende Rohr mit Wasser gefüllt werden kann; über dem Wassereinlaufloch befinden sich mehrere Luftlöcher in verschiedener Höhe, nach

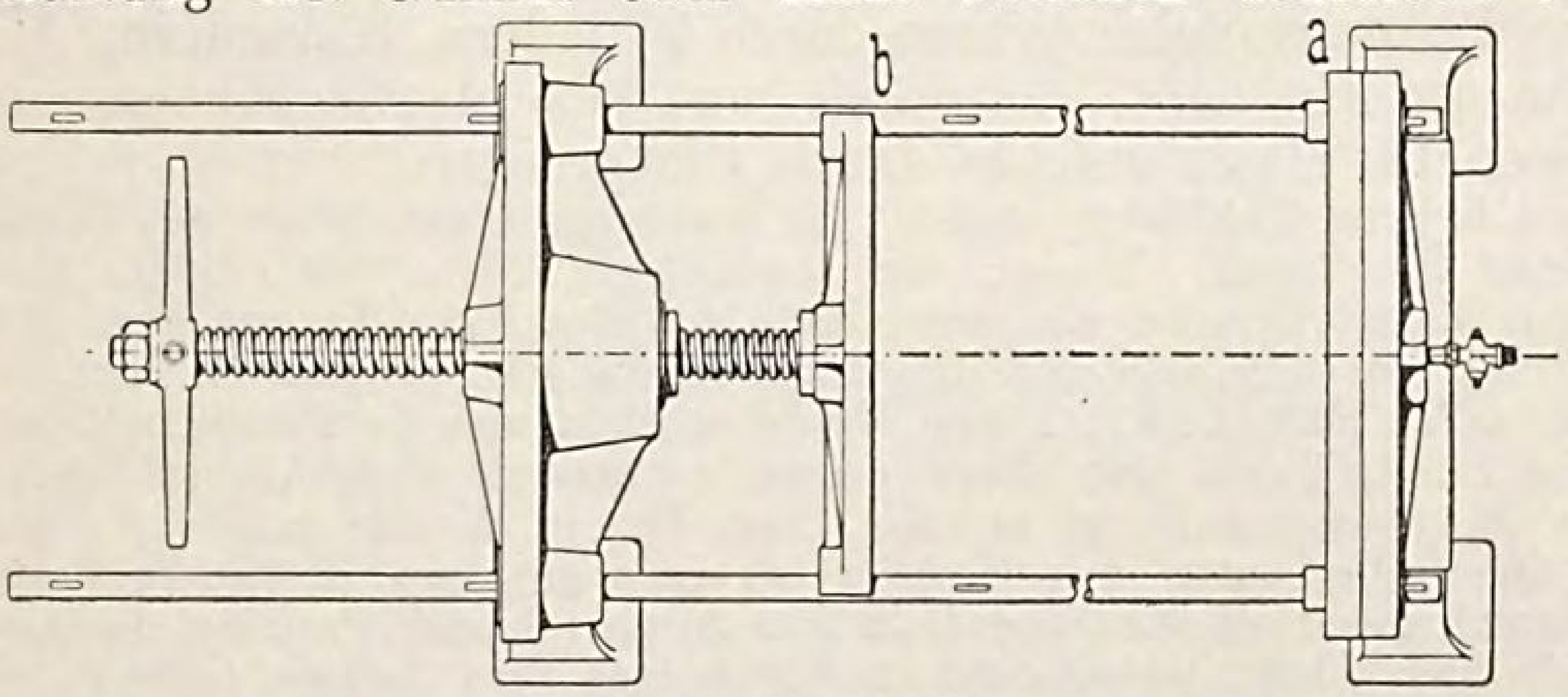


Fig. 1 a (Grundriss).

aussen mit Hähnchen abgeschlossen, um während der Wasserfüllung die Luft herauslassen zu können. Die Wasserzuleitung ist ebenfalls mit einem Absperrhahn versehen, vor dem sich der Anschluss des Rohres der Presspumpe befindet.

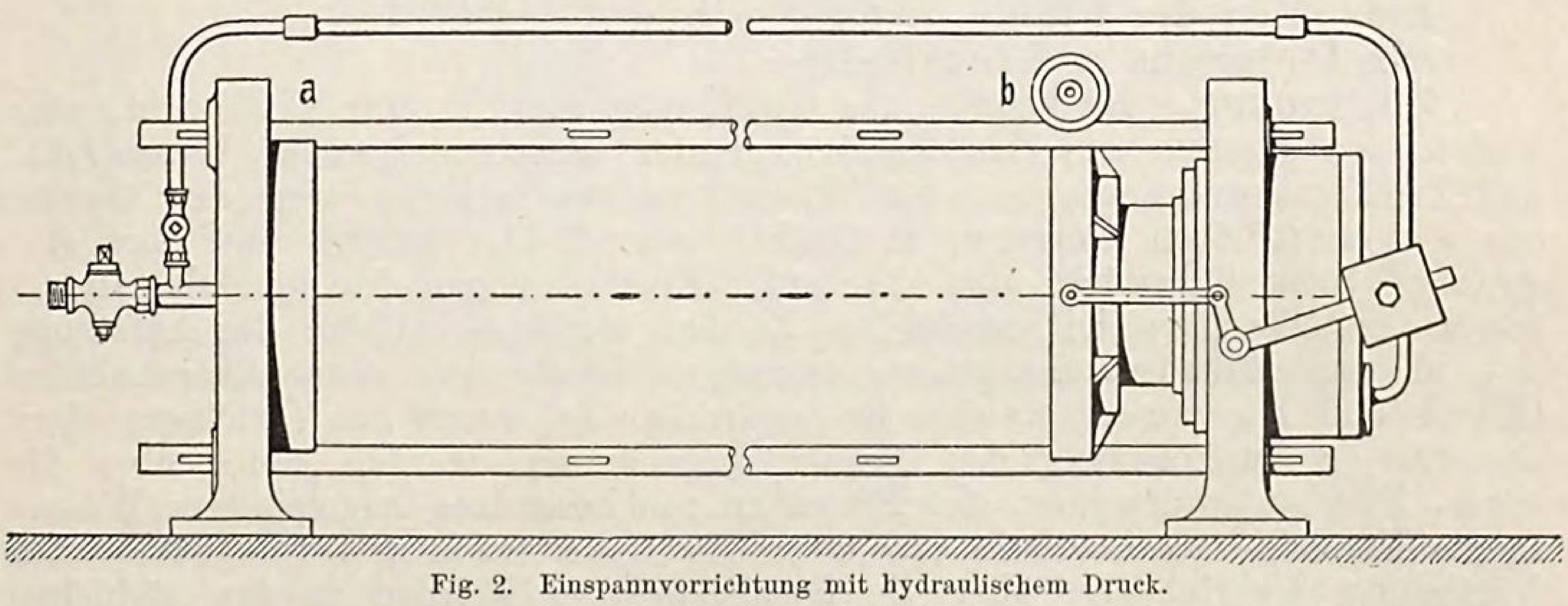
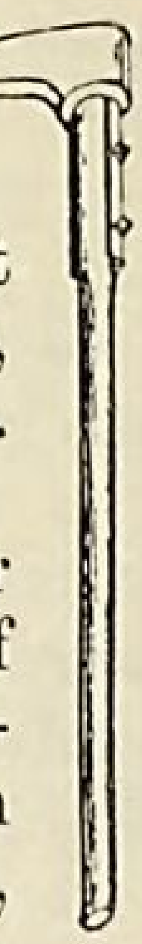


Fig. 2. Einspannvorrichtung mit hydraulischem Druck.

Das Anpressen des beweglichen Schildes *b* geschieht in der Regel mittelst einer Schraubenspindel, wie in Fig. 1 dargestellt, welche Einrichtung vollständig genügt, um Röhren bis zu 500 mm Durchmesser und mehr auf 20 Atm. Druck zu pressen; ist bei grossen Durchmessern ein bedeutend höherer Druck erforderlich, so empfiehlt sich eine Einspannvorrichtung mit hydraulischer Anpressung des Schildes *b*; diese Einrichtung zeigt Fig. 2. Der Druck, den die bei der Prüfung eines Rohres im Innern entstehende Spannung gegen die Abschlussstücke *a* und *b* ausübt, wird meistens durch zwei oder drei schmiedeeiserne oder stählerne Zugstangen

aufgenommen, die mit starken Schrauben oder Keilen die beiden kräftig konstruirten Endböcke aus Gusseisen zusammenhalten, von denen der eine mit dem Schilde *a* ein einziges Gussstück bildet, während der andere die Mutter für die Schraubenspindel (s. Fig. 1), resp. den hydraulischen Kolben (s. Fig. 2) enthält.

Die Vornahme der Prüfung der Rohre geschieht mittelst einer hydraulischen Presse *c* (Fig. 1), welche durch Druckrohrleitung mit dem Wasserzuflussrohr in dem Abschlussstück *a* verbunden ist (s. Probirpumpen). In der Regel erfolgt die Pressung in einer Intensität gleich dem doppelten Betriebsdrucke, dem die Röhren in Wirklichkeit später ausgesetzt werden. Einspannvorrichtungen liefern die Spezialfabriken für Wasserleitungsarmaturen, z. B. Deutsche Wasserwerksgesellschaft Nachf. H. Breuer & Cie. in Höchst a. M., A. L. G. Dehne in Halle, Bopp & Reuther in Mannheim, R. Boecking & Cie., Halbergerhütte u. a. Preise ohne Presspumpe und Wasserzuleitung: für Rohre bis 300 mm Durchm. ca. 500 *M.*, für Rohre bis 500 mm Durchm. ca. 1000 *M.*; für grössere Lichtweiten ist besondere Preisvereinbarung, je nach dem Probedruck, nötig. *Blecken.*



Einspitze, Spitzhacke, auch Spitzhaue, Pickel genannt, ist ein in eine vierkantige Spitze auslaufendes Eisen an einem Stiel (s. Fig.), das zur Lösung festerer Bodenarten dient. S. auch d. Art. Bodenarten.

Einsprengling, s. Gestein.

Einsprengmaschine. Für den Zeugdruckprozess, insbesondere für die verschiedensten Handdruckartikel und für das Bedrucken der Wolle auf der Maschine ist ein gewisser, den normalen übersteigender Feuchtigkeitsgehalt der Ware notwendig; desgleichen zur Entwicklung der Eigenschaften der Appretur leinener und baumwollener Waren durch Cylindern, Kalandern, Gauffriren u. s. w. Man erreicht denselben durch ein teils oberflächliches, teils gründliches Benetzen des Gewebstückes durch Einsprengen.

Das bei Wäscherinnen übliche Verfahren besteht im Besprengen der Ware mit einem vorher ins Wasser getauchten Handbesen. Infolge der ungleichen Grösse der Tropfen und deren willkürlicher Verteilung liefert dasselbe ein unregelmässiges Resultat. Ersetzt man den Besen durch eine flache Bürste, so kann man mit dieser gleichmässigere Tropfen erzielen. — Das gleichmässige mechanische Befeuchten der Ware erreicht man in einfacher Weise dadurch, dass man die flache Bürste durch eine Bürstenwalze ersetzt, deren Axe senkrecht zur Bewegungsrichtung des Gewebes gestellt ist und die, zum Teil in Wasser tauchend, mit welchem der umgebende, über oder unter dem Gewebe in einer gewissen Entfernung von demselben angebrachte, umschliessende Kasten angefüllt ist, durch schnelle Drehung die zerstäubte Flüssigkeit gegen ein Sieb wirft, welches sie als Sprühregen dem Gewebe mitteilt. — Ueber verschiedene Konstruktionen solcher Einsprengmaschinen vergl. den Art. Streudüse.

Litteratur: Grothe, Die Appretur der Gewebe, Berlin 1882. — Dépierre, Die Appretur der Baumwollgewebe, Wien 1888. *Möhlau.*

Einspritzhahn, s. Kondensator.

Einspritzkühlung, -vorrichtung, s. Luftkompressoren.

Einspülen der Pfähle, s. Eintreiben der Pfähle.

Einstaubassin, s. Rieselfelder.

Einstauung. Im kleinen zur Gewinnung von Eis, zur Fischzucht, zum Baden, im grossen zum Zurückhalten grosser Wassermengen für Wasserkraft und Trinkwasserversorgungs- oder Wiesenwässerungsanlagen wird das Wasser aus den natürlichen Gerinnen in Gräben oder Teiche geleitet und dort eingestaut. Speziell versteht man aber unter Einstauanlagen die für Meliorationszwecke erstellten, welche verschiedene Zwecke verfolgen. Ueber das Aufstauen des in den Entwässerungsgräben sumpfiger Ländereien sich ansammelnden Grund- und Tagwassers, welches in der heissen Jahreszeit zur Verhütung einer allzugrossen Austrocknung des Bodens vorgenommen werden kann, über die sogen. Furchenbewässerung, das Einstauen von besonders beigeleitetem Wasser in die Furchen von Beetkulturen, über das Ueberstauen von Rebgelände zur Vertilgung der Reblaus, über die Staubeete zum Reisbau in den südlichen Ländern und über die Stauwässerung beim Wiesenbau s. Bewässerungssysteme, Bd. 2, S. 323 ff. und die dazu gehörigen Litteraturangaben. Auf den Rieselfeldern (s. Berieselung mit städtischem Kanalwasser, Bd. 2, S. 263 ff.) werden zur Unterbringung der Jauche im strengen Winter, zu welcher Zeit dieselbe in den tiefgefrorenen Boden nicht leicht versickert, Einstaubassins

angelegt. Grössere Geländestücke, mehrere Hektare gross, werden mit Dämmen von 1,5—2 m Höhe umgeben und in diese Teiche wird die Jauche eingeleitet. Sie muss darin allmälich versickern. Diese Einrichtung ist übrigens nur ein Notbehelf. Ein Hauptzweck der Rieselanlage, die Zersetzung der Schmutzstoffe im Boden, wird nur unvollkommen erreicht, weil der Zutritt der Luft in den Boden durch das daraufstehende Wasser abgeschlossen ist. Einstauanlagen kleineren und grösseren Umfangs macht man auch, um die von Flüssen mitgeführten Sinkstoffe, Geschiebe, Sand und Schlamm abzulagern behufs Aufhöhung und Verbesserung von Niederungen. Dies sind die sogen. Kolmationen (s. d.). *Lubberger.*

Einsteigehallen, s. Bahnhofshallen.

Einsteigeschacht, ein unterirdischer Raum, der nicht seitlich, sondern von oben durch eine kaminartige Oeffnung mittelst Leiter oder Steigeisen zugänglich ist. Derartige Räume werden erforderlich zur Unterbringung von Betriebsmechanismen für Wasserversorgungen, Kanalisationen etc. und sind überwölbt oder mit Platten, Eisen etc. abgedeckt. Je nach dem Zwecke, dem sie zu dienen haben, und dem Baumaterial, welches zur Verfügung steht, werden sie in verschiedenartigster Weise angeordnet; einige Beispiele sollen dies verdeutlichen.

Fig. 1 zeigt im Längenschnitt und Querschnitt eine 2 m lange, 1,5 m breite und 2 m hohe Kammer, wie dieselbe häufig zur Unterbringung von Schiebern, Teilkasten und Leerlaufvorrichtungen bei Wasserversorgungen gebraucht wird. Das Einsteigen erfolgt durch einen vertikalen Schacht, der mindestens 0,70/0,70 m im Lichten weit sein muss; derselbe wird am besten mit seiner Axe vor die Gewölbmitte und gegen die Stirn des Gewölbes gestellt. Ordnet man die Einsteigeöffnung im Gewölbe selbst an, so muss entweder von dem die Anlage bedienenden Wärter eine Leiter mitgebracht werden oder er muss sich frei in den Schacht ablassen, was leicht zu Unglücksfällen führt und jedenfalls sehr unbequem ist. Einsteigeschachte zu Aquädukten sollten stets isolirt von den letzteren so erbaut werden, dass bei den Manipulationen, zu deren Zweck sie dienen, eine Verunreinigung des Wassers ausgeschlossen ist; einen derartigen Schacht zeigt Fig. 2. Er ist als Zugang zum Aquädukt gedacht, soll die Entleerung einer Haltung ermöglichen und gleichzeitig auch ein Beschlüpfen des Kanales behufs Revision gestatten. Zur Entleerung dient der an der Brücke zwischen Schacht und Aquädukt angebrachte Schieber; zum Einsteigen in den Aquädukt ist über der Brücke eine Oeffnung ausgespart, über welche sich der Wärter hinüberzuschwingen hat. — Bei Kanalisationen kann der Zugang stets direkt nach dem Kanale erfolgen, wie in Fig. 3 dargestellt. Gewöhnlich werden diese Einsteigeschachte aus Beton oder Backsteinmauerwerk hergestellt, bei welch letzterem Material die häufig komplizirte Ueberwölbung Schwierigkeiten bei der Ausführung bereitet. Sehr einfach und solid sind die Monier-Schachte (Fig. 3).

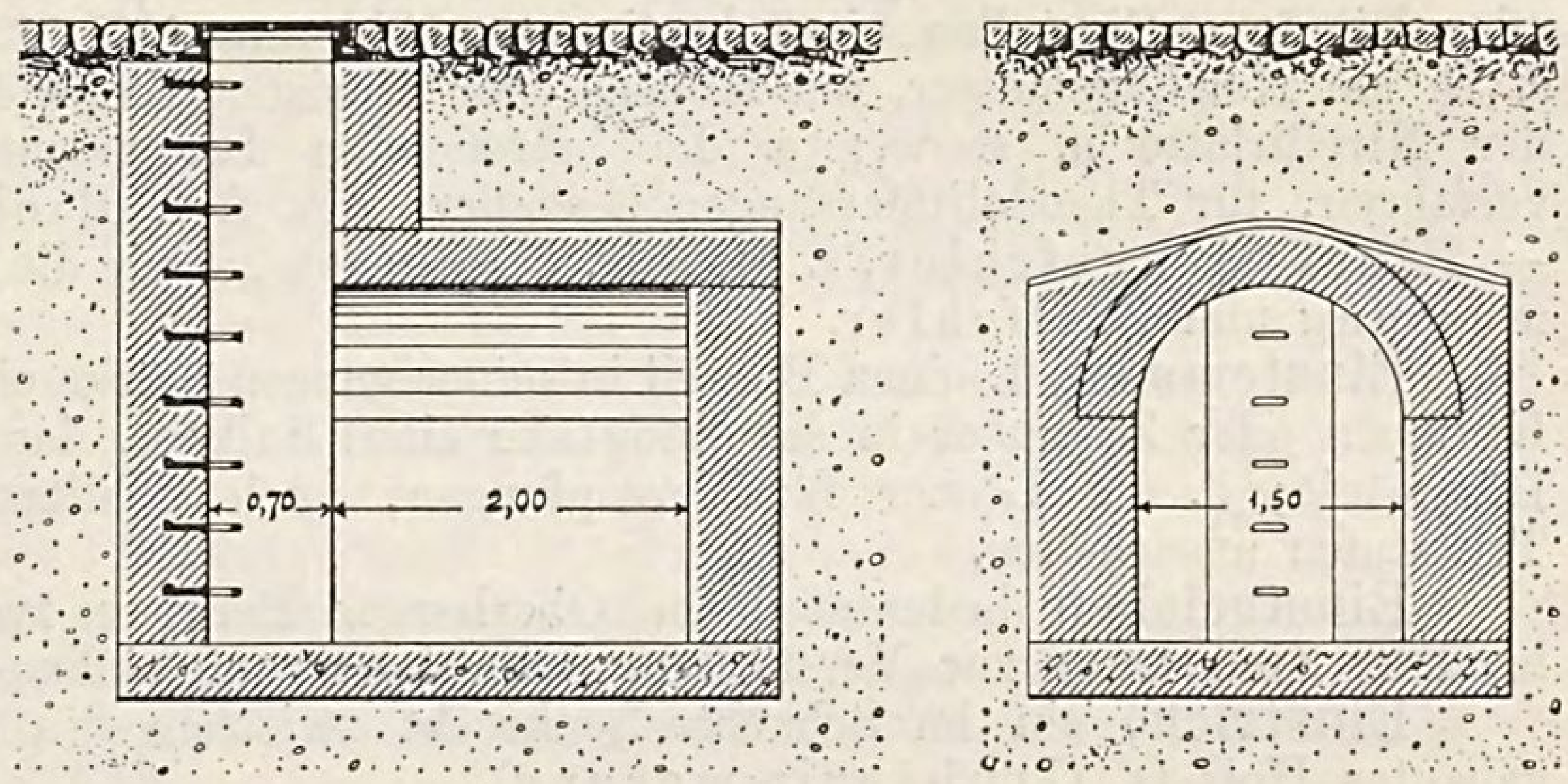


Fig. 1.

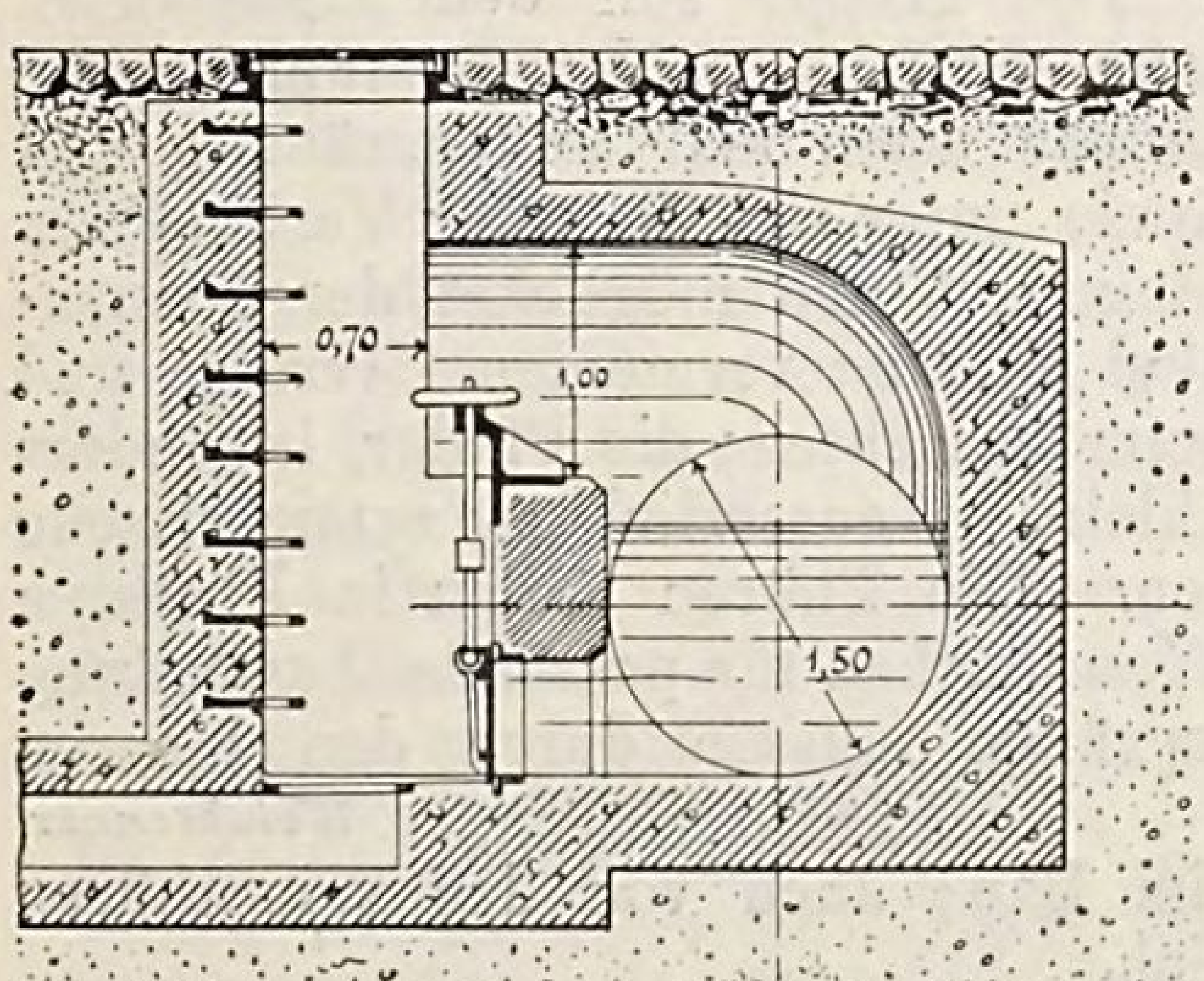


Fig. 2.

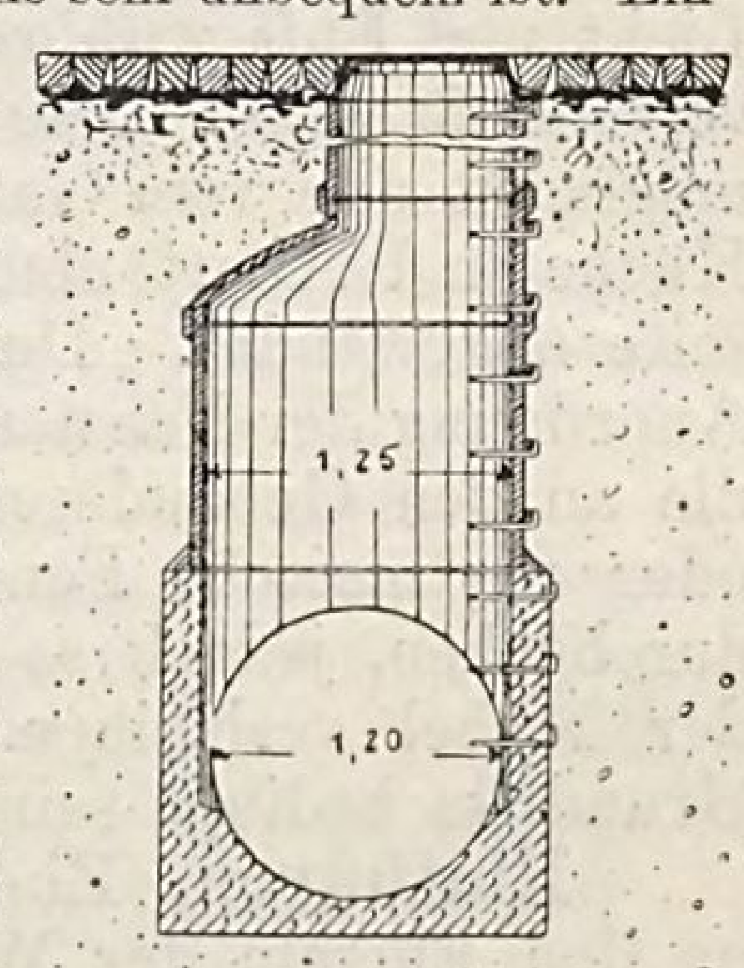
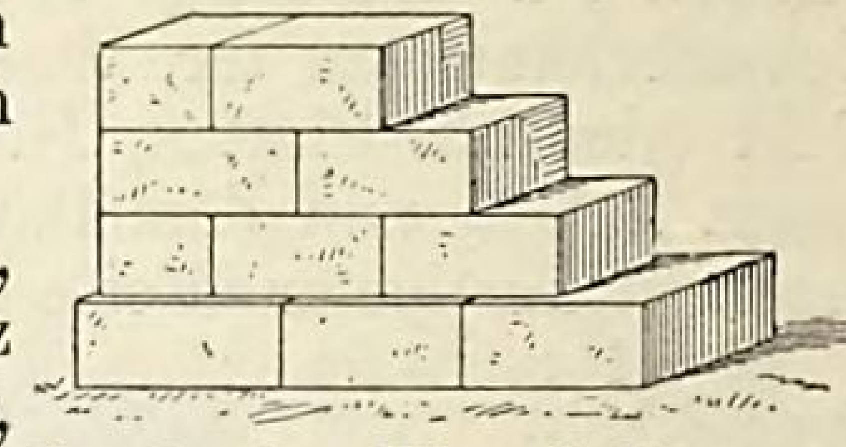


Fig. 3.

Der den Einsteigeschachten zuzumessende Raum richtet sich nach ihrem Zwecke. Für die Bemessung des Zuganges ist bestimmend, dass durch denselben

alle Einzelteile der im Schachte untergebrachten Mechanismen ein- und ausgetragen werden müssen. Der Schacht selbst muss dem Wärter genügend Raum zur Verrichtung seiner Obliegenheiten gewähren. Wasserleitungsschachte pflegt man so anzulegen, dass sich in denselben alle Flantschen bezw. Muffenverbindungen leicht anziehen und verstemmen lassen. In den Kanalschachten ist etwa 1,20 m Lichtweite das Minimum, welches angewendet werden sollte. Die Abdeckungen der Schachte gegen die Strasse müssen durch solide gusseiserne Schachtdeckel erfolgen; liegen die Schachte an Stellen, die weder begangen noch befahren werden, so können leichtere schmiedeeiserne Deckel zur Anwendung kommen. In allen Fällen ist für eine Ventilation der Schachte zu sorgen, die in der Regel dadurch ermöglicht wird, dass man die Schachtdeckel mit Oeffnungen zum Lufteintritt und -austritt versieht. *Lueger.*

Einsteinig sind 1. Backsteinmauern, deren Dicke gleich der Länge des Backsteins, auch „1 Stein stark"; 2. Werksteinmauern aus durch die ganze Stärke der Mauern gehenden Quadern gebildet, franz. parpaing (s. Fig.).



Einstellen, bei geodätischen Beobachtungen, z. B. Einstellen eines Zielpunktes mit dem Fadenkreuz oder Diopter; Einstellen einer bestimmten Ablesung, z. B. am Neigungsmesser, am Höhen- oder Horizontalkreis des Theodoliten, an der Nivellirlatte u. s. w.; s. die betreffenden Instrumente und Messungsverfahren, für Theodolitmessungen besonders den Art. Richtungsmessung. — Einstellungsfehler, s. die betr. Instrumente, sowie die Art. Richtungsmessung und Zielfehler.

Einstemmen, 1. einen Bauteil in seiner ganzen Stärke einsetzen, z. B. einen Krampen oder Zuganker in die Langseite eines Balkens, das Hängeeisen in die Hängsäule; 2. die Löcher für Verzapfungen, auch Schlitzzapfen, ebenso für Trittstufen ausarbeiten.

Einstreichen bedeutet beim Oberharzer Bergbau zwischen schon vorhandene Zimmerung zur Verstärkung Hilfszimmerung einbauen.

Einstrich, ein im Schachte senkrecht zwischen die langen Stösse eingebautes Holz (s. Grubenzimmerung).

Einteilung von Wohngebäuden und innere Anordnung der Räume derselben ist den Bedürfnissen des Bewohners entsprechend zu gestalten. Als allgemeine Regeln können gelten: Der Haupteingang soll von der Strasse aus, das Treppenhaus vom Eingange leicht zu finden sein. Die Treppe soll dem Hausinnern Licht und Luft zuführen, dagegen keinen Raum einnehmen, der für Wohnräume vorteilhaft wäre. Die Wohn- und Schlafzimmer seien hell und geräumig und möglichst alle vom Gange aus zugänglich, sowie unter sich in guter Verbindung. Küche und Abort nicht zwischen Zimmer eingebaut und möglichst der Sonnenseite abgewendet. Dunkle Ecken und Winkel sind zu vermeiden. Grösse und Anordnung der Fenster ist nach dem Innenraum zu richten; die Pfeiler, besonders die an den Gebäudeecken, seien nicht zu klein. Aeusserlich ist symmetrische oder rhythmische Fensterstellung anzustreben. Die Thüren sollen in Fluchten durchgehen, jedoch so liegen, dass grössere Wandflächen für passende Aufstellung der Möbel verbleiben. Die äusseren Vorsprünge müssen durch den inneren Grundriss bedingt sein. *Weinbrenner.*

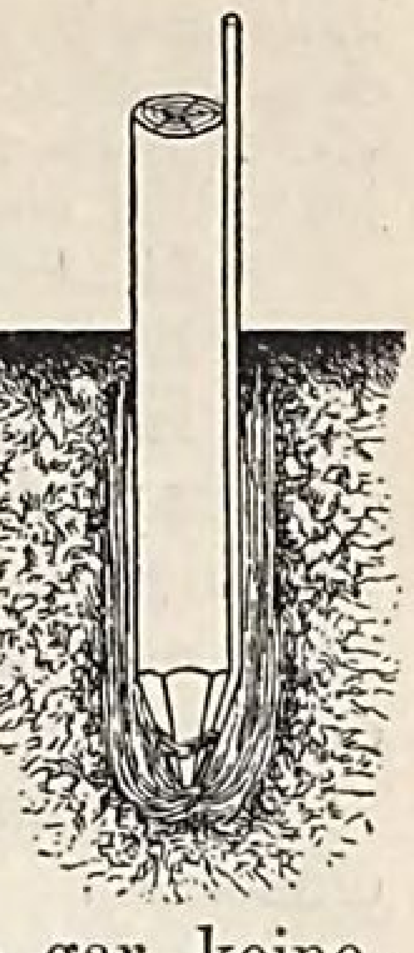
Einthüren, Einhängen der Thüren im Bau; auch von den Windthüren an den Flügeln der Windmühlen gebräuchlich.

Einränken, s. Verbleiung unter Silber, Gold.

Eintrag, s. v. w. Schussfäden, s. Weberei.

Eintragen, 1. vorsichtiges Abbrechen eines Gebäudes nach innen; das Abbrechen geschieht gewaltsamer, das Abreissen noch mehr; 2. Einsetzen oder Einführen der getrockneten Ziegelware (Thonware) in den Ofen.

Eintreiben der Pfähle, geschieht: 1. durch Einschlagen mittelst Rammen oder Rammmaschinen; alsdann muss der Pfahl unten mit einer Spitze oder doch mindestens mit einer Schneide versehen sein. 2. Durch Eindrehen oder Einschrauben, was nur möglich ist, wenn sich am unteren Ende des Pfahls eine



sogen. Pfahlschraube (s. d.) befindet. 3. Durch Einspülen mittelst Druckwasser, was nur in gewissen lockeren Bodenarten statthaft ist. In eine Nut des Pfahles wird ein Eisenrohr von ca. 50 mm Weite gelegt und an der Pfahlspitze mit einer Krampe befestigt; auf das obere Rohrende wird der Schlauch geschoben, welcher das Druckwasser zuführt. Das aus dem unteren Rohrende austretende Druckwasser wühlt den Boden auf, und der Pfahl sinkt ein; es empfiehlt sich, letzteren während des Sinkens mittelst grosser Eisenzangen hin und her zu drehen. Unter günstigen Verhältnissen kann man schon bei $^1/_2$ Atm. Druck gute Wirkung erzielen; doch sind im Mittel 3—4 Atm. Druck vorteilhaft. Um das Einsinken zu beschleunigen, kann man entweder eine tote Last aufbringen oder leichte Rammschläge ausführen. Das Einspülen hat bei Torfboden gar keine, bei Thonboden eine geringe Wirkung; bei Sand- und Kiesboden erzielt man gute Ergebnisse. *Schmitt-Darmstadt.*

Eintrittskoefficient. In der Regel drückt man den Widerstand, welcher beim Eintritt des Wassers in eine Rohrleitung entsteht, als Wassersäulenhöhe w aus, und es ist dann in der Formel: $w = \zeta_0 u^2 : 2g$, in welcher u die mittlere Geschwindigkeit des Wassers im Rohr, g die Beschleunigung der Schwere bedeuten, ζ_0 der Eintrittskoefficient.

Bei gut abgerundeten Einläufen sinkt ζ_0 auf den Wert von 0,08 herab und steigt bei scharfkantigen, gerade abgeschnittenen Röhren auf 0,50 bis 0,60. Man ersieht ohne weiteres, dass, sofern die Geschwindigkeit u nicht grosse Werte annimmt, die Widerstandshöhe w sehr gering ausfällt. Sie wird deshalb häufig gegenüber der Reibungswiderstandshöhe in langen Leitungen vernachlässigt. S. auch Rohrleitungen.

Einwalken (Einlaufen) nennt man in der Tuchfabrikation diejenige Erscheinung, welche sich beim Verfilzen der Gewebe (Walken) durch eine Abnahme der Breiten- und Längendimension zu erkennen gibt und welche gleichzeitig als Mass dieser Arbeit verwendet wird. S. Tuchfabrikation.

Einweisen, das Bestimmen von Zwischenpunkten beim Abstecken von Linien (s. Abstecken); im Bergbau, s. Förderung.

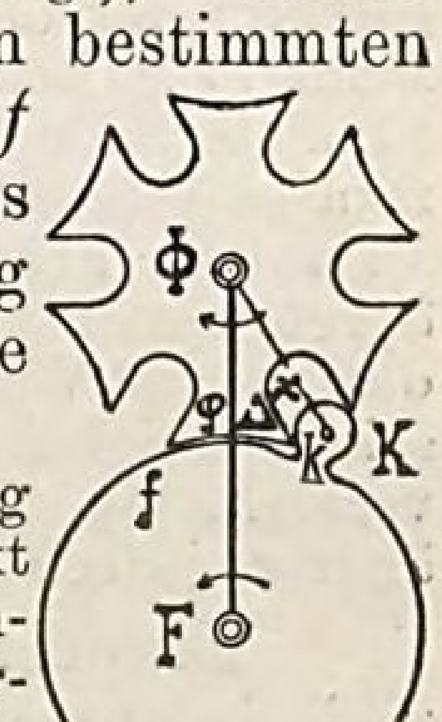
Einwinken, das Bestimmen von Zwischenpunkten beim Abstecken von Linien; s. Abstecken.

Einwintern, den noch nicht fertiggestellten Bau gegen die schädlichen Einflüsse des Winters schützen: durch Bedecken der Mauern und Werksteine, des Kalkes u. s. w. mit Stroh und Brettern, Schliessen der Oeffnungen durch Brettladen u. s. w.

Einwölben, überwölben, einen Raum mit einem Gewölbe überdecken.

Einzahnen, ein Holz mit Zahneinschnitten versehen; s. Zahnleisten, Verzahnte Balken.

Einzahnrad ist ein mit einem Zahn versehenes Rad Ff (s. Fig.), welches bei jeder Umdrehung ein anderes Zahnrad $\Phi\varphi$ ruckweise um einen bestimmten Winkel dreht. Um durch eine Umdrehung des Einzahnrades Ff ruckweise eine n-tel Drehung des Rades $\Phi\varphi$ zu bewirken, wird das Zahnrad $\Phi\varphi$ mit n Zahnlücken versehen. Bei jeder Umdrehung des Einzahnrades Ff greift der Zahn K in eine entsprechende Zahnlücke und erteilt dem Rade $\Phi\varphi$ eine n-tel Umdrehung.



Nehmen wir beispielsweise (wie in der Figur) an, dass bei jeder Umdrehung des Einzahnrades Ff eine ruckweise Drehung des Rades $\Phi\varphi$ um 60° bewirkt werden soll, dass also $n = 6$ ist, dann ziehen wir, um den Zahn und die Zahnlücke zu zeichnen, die Gerade ΦK unter dem Winkel von 30° gegen die Verbindungsgerade ΦF der Radaxenpunkte Φ, F, wählen auf der so gezogenen Geraden einen zum Rade Ff gehörenden Punkt K, der etwas näher an Φ als an F liegt, und begrenzen den Zahn des Einzahnrades Ff grösstenteils durch einen um K beschriebenen Kreisbogen k. Die Zahnlücken in dem Rade $\Phi\varphi$ erhalten wir, indem wir zu der Teilungsgeraden ΦK dieses Rades beiderseits Parallele ziehen, deren Abstände von ΦK gleich dem Radius des Kreisbogens k sind. Die Zahnecke $\varDelta$ wird durch den Berührungspunkt gebildet, in welchem die zu ΦK Parallele $\varkappa$ den Kreisbogen k berührt, und dieser Berührungspunkt ist zugleich einerseits der Grenzpunkt dieses Kreisbogens. Damit aber das Rad $\Phi\varphi$ während der Zeit vom Austritt des Zahnes k aus einer Zahnlücke bis zum Eintritt in die nachfolgende Zahnlücke unverrückt in Ruhe bleibt, werden die Zahnscheitel im Rade $\Phi\varphi$ durch konkave Kreisbögen φ gebildet, deren Radius gleich dem Radius des Kreises f ist. Im betrachteten

Falle enthält das Rad $\Phi\varphi$ sechs Zähne; soll aber durch die Umdrehung des Einzahnrades Ff eine Viertel-Umdrehung des Rades $\Phi\varphi$ bewirken, dann wird dieses Rad in analoger Weise mit vier Zähnen versehen und hat eine dem Malteserkreuz ähnliche Gestalt. Demzufolge wird jedes Rad dieser Art ein Malteserkreuzrad genannt.

Litteratur: Redtenbacher, Bewegungs-Mechanismen, Mannheim 1857. S. bei Taf. 11, 12. — L. Burmester, Lehrbuch der Kinematik, Leipzig 1888, Bd. 1, S. 385. *Burmester.*

Einzapfen ist eine besondere Art des Aufzapfens (s. d.), bei welchem der einzuzapfende Teil, gewöhnlich eine Spitze oder ein Knopf, mit einem Ansatz versehen ist, der in eine entsprechende Bohrung hineinpasst. Auch hier wird man entweder zur sicheren Verbindung eine Verschraubung damit verbinden oder aber eine Querniete anbringen. *J. Hoch.*

Einzapfen, Verzapfen, ein Holz mittelst eines Zapfens in ein anderes einsetzen.

Einzelbremsen sind jene Bremsanordnungen, welche die Bedienung jedes einzelnen Bremswagens durch einen besonderen Bremser erforderlich machen. Zu diesen Bremsen gehören die Hebel- oder Einlagebremsen, die Schraubenbremsen — die übrigens auch als Zweiwagenbremsen Verwendung finden können — die Gewichtsbremsen und die Federbremsen. Bei kurzen Personenzügen mit geringer Fahrgeschwindigkeit auf Bahnen mit günstigen Neigungsverhältnissen und bei Güterzügen finden die Einzelbremsen ausgedehnte Anwendung; für den Verschiebedienst sind sie unentbehrlich (s. Bremsen für Eisenbahnfahrzeuge). *Alfr. Birk.*

Einzelheizung, s. Heizung geschlossener Räume.

Einzelräder nennt man im Gegensatz zu Satzrädern ein Paar Zahnräder, die eigens für einander geschaffen sind, z. B. Kegelräder und Räder mit besonderer, von den gebräuchlichen Normen abweichender Verzahnung.

Einziehen, absetzen, verjüngen, dünner werden lassen, z. B. eine Mauer, Profile u. s. w. — S. auch Blechbearbeitung.

Einziehmesser, s. Weberei.

Einziehung, eine wenig gebräuchliche Bezeichnung für Hohlkehle (s. d.).

Einziehwalze, s. Flachsspinnerei.

Einzug (Einziehung), 1. Verjüngung, Verschwächung eines Bauteils; 2. s. v. w. Hohlkehle (s. d.). — S. auch Weberei.

Eis, gefrorenes Wasser, kommt in der Natur in den mannigfachsten Modifikationen vor; indessen ist nach neueren Untersuchungen allen diesen verschiedenen Formen gemeinsam, dass jene sechseckig regelmässigen Prismen, welche zuerst Kepler [1] als die Grundform der Schneeflocken erkannte, stets auch die Struktur des Eises bedingen.

Für das Gletschereis, welches sich durch seine Plastizität (Nachgiebigkeit gegen Druck bei entsprechender Sprödigkeit gegen Zug) sehr von dem an der Oberfläche von Gewässern entstehenden Eise zu unterscheiden scheint, hat Emden [2] den entsprechenden Nachweis geführt; für die an den Fenstern der Wohnräume sich bildenden „Eisblumen“ erbrachte ihn Prinz [3]. Betreffs des sogen. „Grundeises“ ist man noch nicht vollständig im klaren, ob es nämlich diesen Namen wirklich verdient, d. h. am Boden der Flüsse entstanden ist, oder ob man es lediglich mit auf dem Wasser entstandenem, unentwickeltem Treibeis zu thun hat [4]. Dass dem gefrierenden Wasser, ehe die Eisbildung beginnt, eine mit denen der stärksten Sprengmittel zu vergleichende Ausdehnungsfähigkeit zukommt, ist bekannt, und rührt daher, dass süsses Wasser — Meerwasser verhält sich wie andere Flüssigkeiten auch — bei $+4^{0}$ C. sein Dichtigkeitsmaximum erreicht. Als Baumaterial hat man Eis ebenfalls schon anzuwenden versucht [5]. Ueber die physikalischen Eigenschaften des Eises orientirt gut ein zwar schon älterer, jedoch noch immer sehr lesenswerter Artikel von Horner [6].

Eismeere werden die beiden Zirkumpolarmeere der Erde deshalb genannt, weil in ihnen stets schwimmendes Eis aller Art vorgefunden wird, wobei jedoch zwischen arktischem und antarktischem Eise nach Fricker ein namhafter Unterschied zu konstatiren ist [7]. Man unterscheidet dreierlei Arten solch schwimmenden Eises [8]. Das ins Meer hinausgeflösste Süsswassereis bildet dünne Tafeln; das aus dem Salzwasser selbst gebildete, durch den Akt des Gefrierens aber des Salzgehaltes fast gänzlich verloren gegangene Meerwassereis bildet die eigentlichen Eisfelder, aus denen durch Zusammenschiebung und den wechselnden Prozess des Auftauens und Wiedergefrierens das von den Polarfahrern gefürchtete Pack- und Schraubeneis („Hummaks“) wird; abgelöste Gletscherstücke endlich

treiben als Eisberge von oft pittoresker Gestalt umher und gelangen durch die Strömungen oft in recht niedrige Breiten. Ein gewisser Einfluss der atlantischen Eismassen auf die Witterungsverhältnisse ist nicht unwahrscheinlich [9]. — Eislöcher oder Eisleiten sind Geröllbildungen an schattigem Orte, in denen durch den Luftzug eine starke Verdunstungskälte erzeugt wird, welche zur eigentlichen Eisbildung Veranlassung geben kann. Anders verhält es sich mit den Eishöhlen oder Eisgrotten im engeren Sinne, unterirdischen Hohlräumen, deren Wände stellenweise mit dünner Eisrinde, häufig aber auch mit bizarren Zapfen, nach Art der Tropfsteingebilde, ausgekleidet sind.

Höhleneis ist vielfach an der eigentümlichen Alveolarstruktur (Wabenbildung) zu erkennen [10]. Nach Schwalbe [11] überkühlt sich das durch die Ritzen der Felsen in das Innere der Höhlen einsickernde Tagewasser derart, dass es beim Austreten sofort in den festen Aggregatzustand übergehen muss; Fugger dagegen [12] nimmt an, dass kühle Luft von aussen in den sackartig nach unten sich erweiternden Hohlraum einströmt und hier im Stagniren mehr und mehr erkaltet. Die grosse Mehrzahl der Fachmänner hat Fuggers Erklärungsweise beigepflichtet.

Litteratur: [1] Kepler, Strena seu de nive sexangula, Frankfurt a. M. 1611. — [2] Emden, Ueber das Gletscherkorn, München 1890. — [3] Prinz, Fleurs de glace, Brüssel 1895. — [4] Scoppewer, Ueber Grundeise, Brandenburg 1859. — [5] Krafft, Wahrhaftige und umständliche Beschreibung des im Jahre 1748 in St. Petersburg aufgerichteten merkwürdigen Hauses von Eis, St. Petersburg 1740. — [6] Gehlers Physikalisches Wörterbuch, Leipzig 1827, Bd. 3, S. 99 ff. — [7] Fricker, Die Entstehung und Verbreitung des antarktischen Treibeises, Leipzig 1893. — [8] v. Boguslawski, Handbuch der Ozeanographie, Stuttgart 1887, Bd. 1, S. 358 ff. — [9] Habenicht, Die Ursachen der Luftdruckverhältnisse über Europa, Ausland, 1893, S. 513 ff. — [10] Lohmann, Ueber Höhleneis unter besonderer Berücksichtigung einiger Eishöhlen des Erzgebirges, Jena 1895. — [11] Schwalbe, Zentralorgan für das Realschulwesen 1884, Bd. 12. — [12] E. Fugger, Beobachtungen in den Eishöhlen des Unterberges, Salzburg 1888; Eishöhlen und Windröhren, Salzburg 1891—93, 3 Teile. *Günther.*

Eisbeile, Eispicken, sind die den Alpensteigern für Gletscherpartien dienenden Hilfsgeräte, welche, ähnlich den Spitz- oder Stopfhacken der Erdarbeiter (s. Axt), mit zwei senkrecht zum Stiele gestellten Schneiden ausgerüstet sind, von denen die eine eine etwa 150 mm lange Spitze, die andere eine 50 bis 60 mm breite Schneide bildet. Der etwa 1,25 m lange Stiel aus Eschen- oder Weissbuchenholz ist unterhalb mit einer Stahlspitze versehen, um gleichzeitig als Alpstock zu dienen. *Herrmann.*

Eisblumenglas, Glasplatten mit eisblumenähnlichen Ornamenten. Man erzeugt dieselben, indem man eine Glasplatte horizontal auf eine unter den Gefrierpunkt abgekühlte Eisenplatte legt, mit feinstem weissen Emailpulver gleichmässig und dünn übersiebt und hierauf in Wasserdämpfe bringt. Letztere schlagen sich auf der Platte nieder und bilden infolge der niedern Temperatur Eisblumen. Bei langsamem Abtrocknen verbleibt das Emailpulver in seiner Lage und lässt sich nun durch Einbrennen fixiren.

Eisbrecher nennt man Anlagen zum Schutze der Pfeiler von Strombrücken gegen Eisgänge, die, wie der Name besagt, grössere Eisschollen von den Pfeilern abhalten und zerkleinern sollen, was am besten dadurch erreicht wird, dass die Eisbrecher eine vom Wasserspiegel schräg aufsteigende Kante erhalten, über welche die Eisschollen geschoben werden, so dass sie, zum Teil frei liegend, infolge ihres eigenen Gewichtes zerbrechen. Für Brücken, deren Oeffnungsweiten angemessen gewählt sind und welche mit gut geformten Vorköpfen versehene steinerne Pfeiler haben, werden besondere Eisbrecher in der Regel nicht erforderlich und es beschränkt sich ihre Anwendung auf Brücken über grosse Ströme mit starkem, bei hohem Wasserstande abgehendem Eisgange oder auf solche Fälle, wo hölzerne Brückenjoche eine besondere Sicherung verlangen. Die Eisbrecher können entweder mit den Brückenpfeilern zusammenhängen oder als besondere Bauwerke vor die Pfeiler gestellt werden. Bei Ausführung in Stein wird die erstere Anordnung gewählt (s. Bd. 2, S. 726, Fig. 2), während freistehende Eisbrecher gewöhnlich aus Holz oder Schmiedeeisen hergestellt werden. Einfache hölzerne Eisbrecher bestehen aus gruppenweise vor die Pfeiler gerammten Pfählen, welche sogen. Duc d'Alben (s. d.) bilden [1]; grössere hölzerne Eisbrecher [2] bestehen der Hauptsache nach aus in 0,8—1,3 m Abstand gerammten Pfählen, welche durch einen gegen den Horizont unter 30—70^0 geneigten Holm, Eisbaum oder Eisholm, verbunden sind. Dieser Eisbaum ist

auf die Pfähle verzapft und mittelst Schrauben und eisernen Bändern festgehalten; er wird meist mit Blech und einer eisernen Schiene oder mit Winkeleisen armirt. Die Pfähle sind unter einander durch Zangen oder Gurthölzer verstrebt und meist durch eine Verschalung aus angeschraubten Bohlen vor dem direkten Angriff des Eises geschützt. Breitere Pfeiler erfordern auch breite, keilförmig ausgeführte Eisbrecher (Abläufer), um das Eis genügend vom Pfeiler abzulenken. Diese bestehen dann aus mehreren Pfahlreihen, die unter einander durch Zangen und Riegel verstrebt und aussen verschalt werden. Beispiele von schmiedeeisernen Eisbrechern s. in [3]—[5].

Litteratur: [1] Becker, Neckarbrücke bei Ladenburg, 1850. — [2] Verhandl. v. h. kon. inst. van ingenieurs, 1856/57; hölzerne Eisbrecher der Brücke über die Yssel zu Westerwort. — [3] Zeitschr. des Arch. u. Ing.-Vereins zu Hannover 1866; eiserner Eisbrecher in der Weser zu Bremen. — [4] Desgl. 1862; eiserne Eisbrecher der Brücke über den Niemen zu Kowno. — [5] Nouv. ann. de la constr. 1863; eiserne Eisbrecher der Brücke über die Dwina bei Dünaburg. *Melan.*

Eisbrecher, stark gebaute, schwere Schraubendampfer mit kräftigen Maschinen zur Oeffnung einer Bahn bei Eisstopfungen in Flüssen, deren Bug so konstruirt ist, dass er sich bei der Vorwärtsbewegung an der Eisfläche überschiebt und sie belastend von oben nach unten zerbricht; Schwere des Schiffes und Triebkraft der Maschine arbeiten in diesem Falle zusammen zur Lösung und Zerteilung der Eisdecke. Gewöhnliche Panzerschiffe heben umgekehrt das Eis mit dem Sporn vor dessen Zerteilung. Doch ist der Rammbug für Eisbrecher bisher nicht zur Ausführung gekommen. Neuerdings gibt man auch dem Heck einen nach oben ausfallenden Steven, damit beim Rückwärtsgang des Schiffes sich das Eis am Heck nicht staut, sondern zur Seite geschoben wird. Die Grösse der Eisbrecher schwankt von 200 bis 800 Tonnen Deplacement. Besondere Sorgfalt bedarf die Bauweise im Bug und Heck. So z. B. müssen sämtliche Aussenhautplatten in den Steven in Spannungen eingelassen werden, die Spanten stehen im Vorschiff dichter und die Aussenhautplatten sind am Steven und in der Wasserlinie gedoppelt. Auch ist durch eine möglichst grosse Anzahl wasserdichter Schotte die Sicherheit des Schiffes bei eintretenden Leckagen zu erhöhen. Um das Vorschiff beim Eisbrechen herauszuheben und zugleich die Schraube möglichst tief unter die Wasserlinie zu bringen, ist in der hinteren Pick meist ein Raum abgeschottet, welcher entsprechend mit Wasserballast gefüllt werden kann. Sämtliche Räume erhalten Dampfheizung und ist auf dem Verdeck meist ein Scheinwerfer mit elektrischer Bogenlampe aufgestellt zur Beleuchtung der Eisfelder.

Litteratur: Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ingen., 1888, S. 692 u. 696; 1893, S. 1458. *Tj. Schwarz.*

Eisen (chemisch), *Fe*, Atomgew. 56, spez. Gew. 7,86, ist ein grauweisses Metall von hohem Glanz auf polirten Flächen oder auf frischen Bruchstellen. Sein Schmelzpunkt liegt in der Nähe von 1700°, wird aber durch verschiedene bei der Roheisenerzeugung unvermeidliche Verunreinigungen, und zwar besonders durch Kohlenstoff, bis auf unter 1200° heruntergedrückt.

Es legirt sich leicht mit den Platinmetallen, Gold, Nickel, Kobalt, Mangan, Chrom, Molybdän, Wolfram, Uran, Zinn, Aluminium, schwieriger und nur in sehr beschränktem Masse mit Kupfer und Zink, gar nicht oder doch nur so schwierig, dass die Legirungsfähigkeit praktisch als unmöglich betrachtet werden muss, mit Blei, Silber, Quecksilber, den Alkali- und den Erdalkalimetallen. Mit den Nichtmetallen verbindet sich das Eisen chemisch und legirt sich wieder mit einigen dieser Verbindungen, wie z. B. mit Karbiden, Siliciden, Boriden, Phosphiden, dem Sulfür und dem Oxydul. Durch diese Bestandteile werden hauptsächlich der Schmelzpunkt, die Härte, Festigkeit, das Gefüge u. s. w., also hauptsächlich die physikalischen, in geringerem Masse nur die chemischen Eigenschaften der verschiedenen Eisensorten der Technik beeinflusst. Ueber die Wirkungen dieser Stoffe sei auf den folgenden, die Metallurgie des Eisens behandelnden Artikel verwiesen.

An trockener Luft hält sich das Eisen bei gewöhnlicher Temperatur lange unverändert; bei höherer Temperatur verbrennt es jedoch leicht zu Oxyduloxyd (Hammerschlag) oder zu Oxyd. Sehr leicht oxydirt es sich unter dem Einfluss feuchter oder säurehaltiger Luft zu einem unvollständigen Hydrat. Es ist in den meisten verdünnten Säuren, z. B. Salz-, Schwefel- und Salpetersäure, leicht löslich, während es gegen konzentrirte Säuren sehr widerstandsfähig ist. Durch konzentrirte Salpetersäure wird Eisen fast unlöslich: „passiv“, zum Teil infolge oberflächlicher Oxydbildung.

Die wichtigeren Eisenverbindungen leiten sich von dem Oxydul FeO und dem Oxyd Fe_2O_3 ab. Die ersteren heissen Ferro-, die letzteren Ferriverbindungen. Eine der Formel FeO_3 entsprechende, Eisensäure genannte Verbindung hat für die Technik nur untergeordnete Bedeutung. Chemisch reines Eisen wird nur für pharmaceutische Zwecke durch Reduktion reinen Oxyds mit Wasserstoff als graues Pulver dargestellt. Betreffs der Eisenverbindungen und Herstellung der technischen Eisensorten muss ebenfalls auf die folgenden Artikel verwiesen werden. *Borchers.*

Eisen (gediegen), als Mineral sehr selten, stahlgrau bis schwarz, metallglänzend, geschmeidig und dehnbar. Härte 4,5; spez. Gew. 7,0—7,8. Stark magnetisch; leicht rostend an der Luft; leicht löslich in Säuren. Angeblich in Basalten und in Platinseifen gefunden, in grösserer Menge aber im Basalt von Ovifak (Grönland, Insel Disko) vorhanden. Technisch ohne Bedeutung wegen seiner Seltenheit. *Leppla.*

Eisen (metallurgisch). Alles technisch verwertete Eisen ist unrein, legirt mit anderen Elementen, und zwar nicht bloss mit Metallen (Mangan, Kupfer, Chrom, Wolfram, Nickel), sondern auch mit Metalloiden (Schwefel, Phosphor, Kohlenstoff, Silicium, Titan). Für die Eigenschaften der Legirung sind die Nebenbestandteile Kohlenstoff, Silicium und Mangan stets, die anderen zuweilen bestimmend. Nach deren Menge, besonders dem Kohlenstoffgehalte, unterscheidet man Roheisen (Schmelzpunkt 1050—1250°, nicht schmiedbar) mit 2,3% und mehr Kohlenstoff von schmiedbarem Eisen (Schmelzpunkt 1400° und höher, schmiedbar) mit niedrigeren Gehalten, dieses wieder in Stahl (härtbar) und Schmiedeeisen (nicht härtbar). Je nach dem Erzeugungszustande (ob flüssig oder starr) trennt man auch in Flusseisen und Schweisseisen und erhält somit nachstehenden Stammbaum:

Eisen
Roheisen — schmiedbares Eisen
schmiedbares Eisen: Flusseisen — Schweisseisen
Flusseisen: Flussstahl — Flussschmiedeeisen
Schweisseisen: Schweissstahl — Schweissschmiedeeisen.

Kohlenstoff und Eisen. Die Menge des in reinem Eisen lösbaren Kohlenstoffes wird zu 4,6—5% angegeben, dürfte aber in sehr hohen Temperaturen mehr betragen; in manganreichem Eisen (Ferromangan) steigt der Kohlenstoffgehalt bis auf 7%, in chromreichem (Ferrochrom) bis auf 11,80%. Silicium und Aluminium beeinträchtigen das Lösungsvermögen des Eisens für Kohlenstoff; z. B. finden sich in Ferrosilicium neben 14% Silicium nur noch 1,45% Kohlenstoff. In flüssigem Eisen ist der Kohlenstoff einfach gelöst; in erstarrtem tritt er aber noch als mechanischer Gemengteil auf, teils für sich, teils in einer Eisenverbindung. Die Absonderung des Kohlenstoffes aus der Eisenlegirung ist ein Saigerungsvorgang und von der Temperatur abhängig. Nach dem Erstarren kohlenstoffreichen Eisens (Roheisens) findet nach Osmond [1]—[3] bei 150° unter dem wahrscheinlichen Schmelzpunkte, also bei 1090—1024° ein Zerfall der Legirung und Ausscheidung freien, kristallinischen Kohlenstoffes, des Graphites statt, welcher Vorgang durch deutliches Aufglühen infolge Freiwerdens der Lösungswärme sogar sichtbar wird. Im flüssigen Eisen kann Graphit nicht vorhanden sein, denn sonst müsste er sich seines niedrigen spezifischen Gewichtes wegen (2,3) vom Eisen trennen und auf der Oberfläche schwimmen. Im erstarrten Eisen ist er aber fast immer gleichmässig über die ganze Bruchfläche verteilt. — Als Ursache der Graphitausscheidung sind diejenigen Bestandteile des Eisens anzusehen, welche seine Lösungsfähigkeit für Kohlenstoff vermindern, in erster Linie also Silicium, in zweiter Aluminium. Hat sich Eisen bereits vollständig mit Kohlenstoff gesättigt und nimmt dann noch Silicium auf, so findet selbst in flüssigem Eisen Graphitausscheidung statt; der Graphit tritt in deutlichen Kristalltafeln an die Oberfläche und führt dann den Namen Garschaum. — Die Graphiteinlagerungen zwischen den Eisenkristallen geben dem an sich hellgrauen Metalle dunklere Farbe und veranlassen so den Namen graues Roheisen als Gegensatz zu weissem Roheisen, welches graphitfrei und als Kohlenstofflegirung weiss, also heller ist wie kohlenstoffarmes bezw. reines Eisen. Je langsamer die Abkühlung graphitischen Roheisens vor sich geht, desto grössere Graphitblättchen und desto mehr bilden sich, desto

dunkelgrauer wird das Eisen; plötzliches Erstarren und rasches Abkühlen, z. B. in eisernen Formen, kann die Graphitbildung erschweren, ja ganz verhindern (Hartguss). In derselben Richtung wirken diejenigen Nebenbestandteile des Eisens, welche seine Lösungsfähigkeit für Kohlenstoff erhöhen, in erster Linie Mangan, dann Schwefel. — Bei weiterer allmälicher Abkühlung des kohlenstoffhaltigen Eisens unterhalb des Graphitpunktes findet um 708—660° eine abermalige Saigerung statt, unter nochmaligem Aufglühen durch die freiwerdende Lösungswärme; die Ausscheidung besteht jetzt nicht aus freiem Kohlenstoff, sondern aus einer Verbindung, Eisenkarbid mit 6,6—7,7% Kohlenstoff, also etwa Fe_3C, die sich aber auf Bruchflächen dem Auge nicht bemerklich macht, sondern nur auf schwach geätzten Schliffflächen mittelst des Mikroskopes zu erkennen ist. Das Karbid durchsetzt das übrige Eisen netz- oder aderförmig (Weddings Kristalleisen) [4] und zeichnet sich durch geringere Löslichkeit in Säuren sowie erhebliche Härte (zwischen 6 und 7) aus. Der in ihm enthaltene Kohlenstoff führt den Namen Karbidkohle. — Bei weiterer Abkühlung unterhalb des Karbidpunktes findet eine Veränderung der Eisenlegirung nicht mehr statt; was sie an Kohlenstoff in Lösung noch enthält, bleibt gelöst. Ebenso wie die Graphitbildung kann auch die Karbidsaigerung durch plötzliches Abkühlen über den Karbidpunkt hinweg verhindert werden. Da der im Eisen gelöste Kohlenstoff von wesentlichem Einflusse auf die Härte des Eisens ist (Weisseisen hat Härte 7), so muss die plötzliche Abkühlung eine beträchtliche Härtesteigerung zur Folge haben; auf ihr beruht das Härten des Stahles. Die gelöste Kohle führt daher den Namen Härtungskohle. — Eine vierte Kohlenstoffform trennt sich vom Eisen und lagert sich, dem Auge erkennbar, in amorphem Zustande zwischen den Eisenmolekülen ab, wenn eine kohlenstoffreiche Legirung andauernd auf helle Glühhitze (zwischen dem Karbid- und dem Graphitpunkt) gebracht wird, wie beim Tempern des schmiedbaren Gusses, woher sie den Namen Temperkohle führt. Durch Erhitzen allmälich erkalteten Eisens lösen sich bei den entsprechenden kritischen Temperaturen die Saigerungen unter Wärmebindung wieder auf, so dass schmelzendes Eisen nur noch Härtungskohle enthält.

Die geschilderten Vorgänge innerhalb des Eisens lassen sich durch Le Chateliers Platin-Rhodium-Thermoelement genau verfolgen. Die vier Kohlenstoffformen besitzen folgende Unterscheidungsmerkmale: 1. Graphit, frei, mit blossem Auge sichtbar, kristallinisch, durch Oxydationsmittel aus glühendem Eisen nicht zu entfernen, in Säuren unlöslich. 2. Temperkohle, frei, mit blossem Auge sichtbar, amorph, durch Oxydationsmittel aus glühendem Eisen entfernbar (Tempern), in Säuren unlöslich. 3. Karbidkohle, gebunden an Eisen zu Karbid, dieses, im Eisen ausgeschieden, nur nach entsprechender Vorbereitung des Eisens mit dem Mikroskope zu erkennen, unlöslich in verdünnten kalten, löslich in verdünnten heissen Säuren unter Kohlenwasserstoffentwicklung. 4. Härtungskohle, mit dem Eisen legirt, unsichtbar, in verdünnter kalter Salz- und Schwefelsäure unter Kohlenwasserstoffentwicklung löslich, in kalter Salpetersäure zunächst als schwarzer Rückstand hinterbleibend, der sich bald mit brauner Farbe löst; beim Erwärmen verschwindet diese unter Gasentwicklung.

Eisen und Silicium. Silicium, welches in sehr hoher Temperatur und besonders in Gegenwart von Eisen, durch Kohlenstoff aus der Kieselsäure der Schlacken reduzirt wird, legirt sich in beliebigen Mengen (Hahn erhielt Siliciumeisen mit 30,8% *Si*) [5] und nach Troost und Hautefeuille [6] unter Wärmeentwicklung. Siliciumlegirungen sind weiss von Farbe. Freies Silicium (wie Graphit) hat bisher im Eisen nicht nachgewiesen werden können. Die bemerkenswerteste Wirkung des Siliciums besteht in der Verminderung des Lösungsvermögens von Kohlenstoff in Eisen und demgemäss Graphitbildung. Eisen und Mangan. Die Legirungsfähigkeit von Eisen und Mangan ist unbeschränkt; da Mangan mehr Kohlenstoff zu lösen vermag als Eisen, so ist manganreiches Eisen kohlenstoffreicher als manganarmes. Die Wirkung des Mangans ist in dieser Richtung der des Siliciums entgegengesetzt, erschwert somit die Bildung grauen Roheisens. Mangan ändert die Kristallisation des Eisens aus tesseraler in rhombische oder monokline um und begünstigt die Lösung von Gasen im flüssigen Eisen in hohem Masse. Die Reduktion des Mangans erfolgt nur in geringer Menge und gleichzeitig mit Eisen durch Kohlenoxyd, in der Hauptsache erst durch festen Kohlenstoff in sehr hoher Temperatur.

Auf die physikalischen Eigenschaften der Eisensorten üben die vorgenannten wichtigsten Nebenbestandteile folgende Einflüsse aus: die Schmelztemperatur sinkt mit zunehmendem Kohlenstoffgehalt (für je 1 % etwa um 100°) bis auf etwa 1050°, desgleichen durch Silicium, steigt aber etwas mit dem Mangangehalte. Die Härte wächst beträchtlich mit zunehmendem Gehalte an Härtungskohlenstoff, unbedeutend durch Silicium, sprungweise durch Mangan. Nach Hadfield [7] steigt die Härte eines Eisens mit weniger als 1 % Kohlenstoff (Stahl) bei 6 % Mangan bis zur Unangreifbarkeit durch Werkzeuge, sinkt bis zu 10 % Mangan und ist wieder sehr beträchtlich bei 22 % Mangan. Graphit und Temperkohle beeinflussen die Härte des Eisens nicht. — Festigkeitseigenschaften. Härtungskohle steigert die Festigkeit beträchtlich, Karbidkohle weniger beträchtlich; das Maximum liegt bei einem Gesamtgehalte beider von etwa 1 %. Graphit verringert als eingelagerter fremder Körper die Festigkeit um so mehr, je zahlreicher und grösser seine Blättchen sind. Silicium steigert die Festigkeit etwas, bis zu welchem Gehalte, ist noch nicht festgestellt; ebenso wirkt Mangan; die grösste Festigkeit scheint bei ca. 1 % Mangan neben 0,5—0,6 % Kohlenstoff zu liegen. Die Zähigkeit, Dehnbarkeit nimmt ab mit der Zunahme aller drei Nebenbestandteile; manganreiche Eisen sind so spröde, dass sie sich im Mörser pulvern lassen. — Phosphor ist stets als schädlich zu betrachten, da er die Zähigkeit bei gewöhnlicher und niedriger Temperatur stark vermindert (Kaltbruch), teils durch Hervorrufung grobkristallinischen Gefüges (Grobkorneisen), teils durch Summation seiner Wirkung mit der gleichartigen des Kohlenstoffes. Phosphorhaltiges Eisen (0,1—0,2) soll deshalb immer arm sein an legirtem, besonders an Härtungskohlenstoff. Die Schmelztemperatur wird durch Phosphor wesentlich herabgesetzt, die Dünnflüssigkeit und die Schweissbarkeit sehr befördert, die Härte mässig erhöht. — Schwefel, welcher wahrscheinlich als Eisensulfür im Metalle verteilt ist, wirkt ähnlich wie Mangan auf Bindung des Kohlenstoffes, der Graphitbildung entgegen, und erzeugt ausgeprägten Rotbruch, das ist Sprödigkeit in mässiger Rotglut, wodurch die Verarbeitung des schmiedbaren Eisens wesentlich erschwert wird. Seine grosse Neigung zur Bildung von Mangan- und Calciumsulfür bietet Mittel an die Hand, ihn unschädlich zu machen (s. Roheisen, Flusseisen). Bei längerem Stehen flüssigen Eisens scheidet sich Schwefelmangan als Schlacke oder sogen. Wanzen, das sind schorfähnliche Absonderungen, an der Oberfläche ab. Bei niedrigem Mangangehalte genügen schon wenige Hundertstelprozente Schwefel zur Hervorrufung von Rotbruch. Der geringen im Eisen auftretenden Mengen wegen kann Schwefel die Schmelztemperatur und die Festigkeit nicht merklich beeinflussen. — Arsen, Antimon und Zinn, welche aus den Rohmaterialien (Erz, Blechabfälle) ins Eisen gelangen können, wirken ungünstig, Kalt- und Rotbruch erzeugend; die ersten beiden sind in den Erzen selten in bestimmbarer Menge enthalten; letzteres kann durch geeignete Auswahl der Abfälle ferngehalten werden. — Kupfer legirt sich leicht mit Eisen und findet sich infolge geringen Kupfergehaltes vieler Erze in zahlreichen Eisensorten bis zu etwa ½ %, ohne doch von merklichem Einflusse zu sein. Die ihm früher allgemein zugeschriebene Wirkung auf Rotbruch ist gleichzeitig anwesendem Schwefel, also allenfalls dem aus beiden bestehenden Kupfersulfür zur Last zu legen (s. auch Eisenlegirungen). — Nickel und Kobalt gelangen gleichfalls aus manchen Erzen (z. B. Siegener Spateisenstein) in geringen Mengen in das Eisen, aus dem sie sich der geringen Oxydationsfähigkeit wegen ebenso wenig wie Kupfer wieder entfernen lassen. Ihr Einfluss ist ohne Belang (s. a. Eisenlegirungen). — Chrom und Wolfram, s. Eisenlegirungen. — Aluminium spielt als Bestandteil des Eisens, in dem es nur durch Zufuhr in metallischem Zustande vorkommen kann, da es im Hochofen nicht reduzirt wird, eine untergeordnete und nicht vorteilhafte Rolle. Es steigert unter Verminderung der Zähigkeit die Festigkeit etwas, erniedrigt die Schmelztemperatur nur wenig, verringert aber merklich die Dünnflüssigkeit und die Schmiedbarkeit. Die Graphitbildung wird durch Aluminium begünstigt. — Sauerstoff kann im Eisen nur als Eisenoxydul gelöst sein, da alle höheren Oxydationsstufen in Berührung

mit dem flüssigen Eisen reduzirt werden. Die Menge des gelösten Eisenoxyduls beträgt nach Ledebur [8] ungefähr 1,1 %, entsprechend 0,25 %, nach Bender bis 0,34 % Sauerstoff. Schon 0,1 % Sauerstoff genügt, das Eisen rotbrüchig zu machen, weswegen die Reduktion des Oxyduls durch Zusetzen reduzirender Stoffe zu flüssigem Eisen (Mangan, Silicium, Aluminium) zu den wichtigsten Vorgängen der Eisendarstellung gehört. In Roheisen und Stahl kann deshalb auch Sauerstoff nicht auftreten. Wird kohlenstoffarmes Eisen längere Zeit sehr hoher Temperatur ausgesetzt, so dringt schmelzendes Oxyduloxyd von der Oberfläche in das Metall ein, wird dort reduzirt zu Oxydul und erzeugt Rotbruch; das Eisen verbrennt. Eine ähnliche Wirkung hat die ebenfalls in anhaltender hoher Temperatur stattfindende Umbildung des feinkörnigen in grobkristallinisches Gefüge, welche man daher ebenfalls als „Verbrennen" bezeichnet. Oberflächlich hat der Sauerstoff in Glühhitze eine Oxydation zu Oxydoxydul, die Bildung einer Glühspan- oder Hammerschlagschicht zur Folge, die bereits bei 200° beginnt und sich durch Anlaufen äussert; die Anlauffarben sind bei 200° hellgelb, 240° dunkelgelb, 250° bräunlichgelb, 265° braunrot, 275° purpurrot, 285° violett, 295° kornblumenblau, 315° hellblau, 330° grau. Bei weiterem Erhitzen wiederholen sich die Farben noch mehrmals, folgen aber immer rascher auf einander und gehen schliesslich in die Glühfarbe über. — An Gasen absorbirt das Eisen Stickstoff, Kohlenoxyd und Wasserstoff, von denen jedoch die beiden ersteren beim Erstarren unter Blasenbildung vollständig, letzterer zum Teil wieder ausgeschieden werden. Ein anderer, nicht unerheblicher Teil des Wasserstoffes findet sich noch im erstarrten und erkalteten Eisen; er ist mit ihm legirt [9]—[11]. Nach Cailletet [12] enthält auch unter gewissen Umständen galvanisch gefälltes Eisen, nach Johnson, Hughes, Bädecker und Ledebur [13] bis [16], mit verdünnter Schwefelsäure oder Chlorwasserstoffsäure behandeltes ebenfalls Wasserstoff. Silicium und Aluminium hindern die Gasentwicklung aus dem flüssigen Eisen und bilden somit wichtige Mittel zur Erzielung dichter Güsse. — Ueber die Prüfung des Eisens s. die Artikel Biegeprobe, Schlagversuch, Zerreissversuch u. a. Für Roheisen genügt vielfach die chemische Analyse.

Litteratur: [1] Osmond, Transform. du fer et du carbone dans les fers, les aciers et les fontes blanches, Baudouin et Cie., Paris 1888. — [2] Ledebur, Stahl und Eisen, 1888, S. 364. — [3] Müller, Stahl und Eisen, 1891, S. 285. — [4] Wedding, Handbuch der Eisenhüttenkunde, 2. Aufl., Bd. 1, S. 126. — [5] Ledebur, Handbuch der Eisenhüttenkunde, 2. Aufl., Bd. 1, S. 285. — [6] Ann. de chimie et de physique, 1879, IX, S. 56. — [7] Transact. of the Amer. Inst. of Min. Eng., XIII, 233; XV, 461. — [8] s. [5], S. 253. — [9] Müller, Zeitschr. d. Vereins deutscher Ing., 1879, S. 494. — [10] Berichte d. deutschen chem. Gesellsch., 1881. S. 6. — [11] Stahl und Eisen, 1882. S. 442, 531. — [12] Compt. rend., LXXX, S. 319. — [13] Proceed. Royal Soc., XXIII, S. 168. — [14] Scientific American, XLII, S. 362. — [15] Zeitschr. deutsch. Ing., 1888, S. 186. — [16] Stahl und Eisen, 1887, S. 681; 1889, S. 745.

Beckert.

Eisenacetat, s. Essigsäure.

Eisenalaun, s. Eisenammonalaun.

Eisenamiant, s. v. w. Eisenasbest (s. d.)

Eisenammonalaun (Eisenalaun, Ammoniakeisenalaun), ein Salz von der Zusammensetzung: $Fe_2(SO_4)_3(NH_4)_2SO_4 + 24H_2O$, bildet grosse, fast farblose, schwach violett erscheinende durchsichtige Kristalle, die in Wasser leicht löslich, aber bei Temperatursteigerungen schon in Wasser auch leicht zersetzbar sind. Die wässerige Lösung desselben lässt sich durch Eindampfen daher nicht ohne Zersetzung konzentriren. — Darstellung: Eisenvitriol wird mit wenig Wasser und der berechneten Menge Schwefelsäure durch Einleiten von überhitztem Wasserdampf erwärmt und mit Salpetersäure oxydirt. Nach Zusatz der nötigen Menge Ammoniumsulfat bringt man die Lösung durch Zusatz von heissem Wasser auf ein spez. Gew. von 1,37 (heiss gemessen), lässt unter möglichster Vermeidung der Abkühlung heiss klären und überlässt die dann abgezogene Lauge etwa eine Woche lang der Kristallisation. Die erhaltenen Kristallkrusten werden, nachdem man die Mutterlauge hat abtropfen lassen, zerschlagen und verpackt. Der Eisenalaun findet in der Färberei Verwendung. *Borchers.*

Eisenanstriche bedürfen ganz besonderer Aufmerksamkeit bei ihrer Ausführung, damit dieselben ihren Zweck — Konservirung gegen Rosten — voll und ganz erfüllen. Ein wirklich konservirender Anstrich ist nur dann möglich,

wenn alle Teile, also Flächen, Nietenlöcher, Nietenköpfe und Nietenstege, vor dem Zusammenfügen und nach gewonnener Ueberzeugung vollkommener Rostfreiheit sorgfältig gestrichen werden und gut trocknen; man streiche nach dem Vernieten nochmals, ohne Rücksicht auf etwaige geringe Mehrkosten, und die Objekte werden lange Zeit dem Rosten und der damit verbundenen Gefahr des Schadhaftwerdens widerstehen. Auf verrostetem Eisen ist jeder Anstrich zwecklos, denn das Eisen rostet unter dem Anstrich weiter und dieser fällt endlich mit der unter ihm gebildeten Oxydschichte als feste Kruste ab. Ein Eindringen der Farbe in das Eisen ist unmöglich; der Schutz, den diese gewährt, besteht lediglich in der die Luft abschliessenden Decke, aus welchem Grund für Eisen eine viel dünnflüssigere Farbe nötig ist als für Holz; der Schwerpunkt des Eisenanstrichs liegt in der Grundirung. Findet diese mangelhaft statt, so ist die Wirkung des Anstrichs, auch wenn spätere Ueberzüge ordnungsmässig stattfinden, zweifelhaft; es tritt nur eine Verbindung zwischen Grund- und Deckfarbe ein, beide werden, wenn erstere nicht fest am Eisen haftet, bald rissig oder blättern. Die Farbe, welche zum Anstreichen benützt wird, ist ein höchst wichtiger Faktor. Bei Eisenanstrichen kommt als Bindemittel nur Leinölfirnis in Frage. Als Farbkörper ist für die Grundirung in der Regel Bleiminium oder Eisenminium vorgeschrieben, je nach den Ansichten der massgebenden Stellen. Zuverlässige Daten über die Vorteile oder Nachteile der einen oder der andern fehlen; es scheint aber, mit Rücksicht auf die galvanischen Wechselwirkungen zwischen Bleifarbenanstrich und Eisen, der Anstrich mit Eisenminium geeigneter (auf Eisenminium basiren auch die als Bessemerfarben, Rostschutzfarben, Schuppenpanzerfarben in den Handel gebrachten Farben, während Diamant-, Adamantinfarben und andere als Hauptbestandteil Graphit enthalten). Bleiminium und Eisenminium weisen verschiedene Qualitäten auf, und je reiner das Bleiminium und von je grösserem Eisenoxydgehalt das Eisenminium ist, desto geeigneter zum Anstrich und desto haltbarer ist dasselbe. Reiner Leinölfirnis hält jahrelang und bildet eine für die Nässe undurchdringliche feste, elastische Schichte; mit Harzöl oder anderen Surrogaten versetzter Firnis wird schon kurze Zeit nach dem Trocknen rissig und spröde, dem Wasser den Zugang gestatten, endlich pulverig werden und sich abreiben. Die Qualitätsfrage ist also auch hier von grösster Bedeutung.

Auch die Grundirung muss mit besten Leinölfirnissen und reinen Farbkörpern ausgeführt werden — sie darf nicht eine blosse Formsache sein — und es gilt als Norm für die Ausführung folgendes: 1. alle Bohrlöcher müssen vor dem Vernieten mit Oelfarbe, 2. die Nietenstege und die Nietenköpfe an der Unterseite müssen vor dem Vernieten mit Oelfarbe, 3. jene Stellen der Eisenteile, die über einander liegend vernietet werden, müssen gestrichen sein; 4. der Anstrich muss fest haften und hart sein, am allerwenigsten darf er sich klebrig anfühlen; 5. der Anstrich darf keine Risse oder Sprünge, keine Blasen oder zusammengezogenen Stellen aufweisen; 6. das Eisen muss unter dem Anstrich rostfrei sein. — Bei im Freien, namentlich auf Eisenblechdächern ausgeführten Eisenanstrichen bietet das Kondensationswasser der Luft oft Schwierigkeiten; das Wärmeausstrahlungsvermögen des Eisens, an und für sich gering, wird durch einen Farbenanstrich wesentlich vermehrt, so dass der Fall eintreten kann, dass angestrichenes Eisen bei wolkenlosem Himmel unter die Lufttemperatur erkalten kann, wodurch sich ersteres mit Wasser beschlägt. Man muss, um dieser Unannehmlichkeit auszuweichen, häufig spät mit dem Anstrich beginnen und die Farbe muss zuverlässig und schnelltrocknend sein; der Anstrich kann erst angefangen werden, wenn die Gefahr eines Niederschlagens der Feuchtigkeit vorüber ist, und er muss schon trocken sein, ehe diese des Abends zu befürchten ist. Auch bei Eisenblechbedachungen müssen Fälze und Nieten, Fugen und Nietenköpfe schon vor dem Zusammensetzen mit aller Sorgfalt gestrichen werden, damit keine ungestrichene Metallfläche vorhanden ist.

Schadhaft wird der Oelfarbenanstrich durch die Atmosphäre, die namhaften Temperaturveränderungen und die mechanischen Einflüsse des Regens, Staubes u. s. w. im Laufe der Zeit. Man erkennt die Schadhaftigkeit daran, dass der als Bindemittel der Farbkörper dienende Leinölfirnis so weit oxydirt ist, dass er sich mit der Farbe wie Staub abreiben lässt; vorher aber schon gestattet die nicht mehr kompakte Schichte dem Regenwasser und den durch Temperaturwechsel bewirkten Niederschlägen Zutritt zum Eisen. Es bilden sich auf der Farbe anscheinend Rostflecken, durch die Farbe hindurchwirkender Rost. Vorhandensein dieser Rostflecken ist ein Zeichen, dass der Anstrich seinen Zweck nicht mehr erfüllt, keinen Schutz verleiht und erneuert werden muss. Auch hier wird manchmal mit Rücksicht auf den Kostenpunkt viel zu

lange gewartet. Die Erneuerung sollte schon stattfinden, ehe die Rostflecken sich zeigen, ehe der Anstrich so weit zerstört ist, dass er dem Wasser den Durchgang gestattet. Bei Erneuerung des Anstriches ist gebildeter Rost mittelst Drahtbürsten vollständig zu entfernen. *Andés.*

Eisenasbest (Eisenamiant), aus Kieselsäure bestehende, schneeweise, seidenglänzende Masse, welche sich beim Hochofenbetrieb in den Fugen des Sohlsteins, den Höhlungen der Gestellmasse etc. ansammelt.

Eisenausbau, s. Eiserner Grubenausbau.

Eisenbahn, im weiteren Sinne jeder Schienenweg, nach dem üblichen Sprachgebrauch jedoch ohne weiteren Zusatz nur die für regelmässige Beförderung grösserer Transportmengen mit Maschinenkraft eingerichtete Spurbahn, während „Pferdebahnen" und im allgemeinen auch sonstige mit Dampf, Elektrizität oder anderen Mitteln betriebenen „Strassenbahnen" durch solche besondere Bezeichnungen von den Eisenbahnen unterschieden werden. Auch die von festen Kraftmaschinen aus mittelst Seils oder anderer Uebertragungsmittel betriebenen, auf kurze Längen beschränkten Schienenwege, wie sie namentlich als Bergbahnen besonderen Zwecken dienen, pflegen durch entsprechende Benennung gekennzeichnet zu werden. Unter „Eisenbahn" ohne weiteren Zusatz wird fast immer — auch im rechtsgiltigen Sinne — die Lokomotivbahn, und zwar in der Regel mit Dampfbetrieb, verstanden, wie sie zurzeit das allgemeine Transportmittel für den Massenverkehr zu Lande auf beliebig weite Entfernungen bildet und durch ihre grosse Leistungsfähigkeit an Transportmenge und Schnelligkeit einen weltumgestaltenden Einfluss ausgeübt hat und noch täglich ausübt.

Sollte auf solchen Bahnen der elektrische Antrieb der Lokomotiven — sei es durch elektrische Kraftsammler, sei es durch Stromzuleitung — Bedeutung gewinnen, so würde das an dem Begriff des Wortes „Eisenbahn" nichts ändern. Sollte dagegen — was vorerst nicht anzunehmen — der elektrische Antrieb der einzelnen Wagen auch auf weite Entfernung die Lokomotiven entbehrlich machen, so würde das allerdings eine bisher nicht übliche Ausdehnung des Begriffs mit sich bringen.

In baulichem Sinne besteht die Eisenbahn (zunächst abgesehen von den Bahnhöfen, also auf freier Strecke) aus dem Oberbau und dem Unterbau. Der Oberbau setzt sich zusammen aus Schienen, Schwellen (oder anderen Unterlagen) und Bettung, welche den Druck der Schienenunterlagen auf den Unterbau verteilt und zur Trockenhaltung sowie Regelung der Lage und Höhe für die Schwellen und Schienen dient. Der Unterbau besteht in der Regel aus einem Erdkörper: Abtrag oder Einschnitt, wenn tiefer als die natürliche Oberfläche, Auftrag oder Damm über derselben, dann mit den nötigen Durchlässen und Brücken für den Durchgang der Wasserläufe u. s. f. Bei grosser Tiefe oder sehr teurem Grunderwerb tritt an Stelle des Erddammes der Viadukt (aus Holz, Stein oder Eisen) und an Stelle des Einschnitts der Tunnel. Zum Unter- und Oberbau kommt sodann auf freier Strecke noch eine Reihe von zugehörigen Gegenständen, als Einfriedigungen, Wegeschranken, Signale, Wärterhäuser und anderes. Auf Bahnhöfen tritt ferner noch eine grosse Zahl von Anlagen aus dem Gebiete des Hochbaues und des Maschinenwesens, sowie allerlei Ausrüstungsgegenstände hinzu, die alle der Eisenbahn als notwendige Teile angehören.

Das Bewegungssystem der Eisenbahn ist im allgemeinen dasjenige der Reibung oder Adhäsion, indem die Triebkraft der Lokomotive ihre Triebräder in Drehung versetzt, diese vermöge des auf ihnen ruhenden grossen Gewichts (Triebgewichts) auf den Schienen die nötige Reibung erzeugen und somit die Fortbewegung ermöglichen, sofern der Bewegungswiderstand des angehängten Zuges nicht das Produkt aus Triebgewicht und Reibungswert ($^1/_8$ bis $^1/_6$, bei feuchten Schienen weniger) übersteigt, welches die äusserste Grenze der Zugkraft bildet. (Um dieselbe bei glatten Schienen im Anfang der Bewegung oder auf steilen Neigungen für den Augenblick zu erhöhen, werden manche Lokomotiven mit Sandstreuvorrichtungen versehen.)

Das Bahnsystem ist im allgemeinen das zweischienige mit darüber befindlichem Fahrzeug.

Neben dieser allgemein verbreiteten Art der Bewegung und der Bahngestaltung sind nun im Laufe der Zeit in grosser Anzahl andere Systeme für

besondere Zwecke entstanden und zum Teil auch ausgebildet worden. Die meisten beabsichtigen, bei steilen Neigungen die Zugkraft von der Reibung zwischen Rad und Schiene, die dann nicht mehr genügt, unabhängig zu machen und durch besondere Mittel zu bilden oder zu erhöhen, so der Betrieb mit Seil, Klemmrad oder Zahnrad, unter Umständen auch der mit Luft- oder Wasserdruck. Andere sind für besondere Transportgegenstände auf kurze Entfernung bestimmt (ein- oder zweischienige Förderbahnen für gewisse Rohgutarten). Wieder andere bezwecken, auch für Personentransport die Umgehung von Hindernissen zu erleichtern und den Platzbedarf auf das Aeusserste zu verringern (ein- und zweischienige Schwebebahnen). Eine geordnete Uebersicht dieser verschiedenen, teils ausgeführten, teils vorgeschlagenen Eisenbahnsysteme verlangt eine zweifache Einteilung, einmal nach Art der Bewegung, sodann nach Art der Bahngestaltung, wenn auch beide in manchen Fällen sich berühren und einander bedingen. Eine solche Uebersicht, wie sie der Verfasser bei seinen Vorträgen aufgestellt hat, ist die folgende:

Nach **Art der Bewegung:**

A. Die Bewegung erfolgt durch eine den Zug begleitende Kraftquelle, und zwar:

I. Tierische Kräfte: Pferdebahnen, Bergwerksgleise (s. Grubenbetrieb).

II. Mechanische Kräfte: Lokomotivbahnen, und zwar wird die Lokomotive getrieben namentlich durch Dampf (gewöhnliche Eisenbahn), Pressluft (s. Pneumatische Bahnen) oder durch elektrische Akkumulatoren. Dabei erfolgt die Bildung der Zugkraft:

a) durch die Reibung zwischen Schiene und Treibrad (Reibungs- oder Adhäsionssystem);

b) durch besondere Mittel zur Erhöhung der Adhäsion, nämlich:

1. Klemmräder und Klemmschiene neben der gewöhnlichen Reibung der Triebräder: Vorschlag von Vignoles und Ericson 1829 (vgl. Fells Bahnsystem);
2. Seilrad mit Schlepptau oder Kette, welche ruhend zwischen oder neben den Schienen liegt. Versuch von Chapman 1812; später bei der Schiffahrt als Tauerei ausgebildet.
3. Zahnrad mit Zahnstange. Versuch von Blenkinsop 1811; später für Bergbahnen ausgebildet (vgl. Zahnstangenbahnen).

B. Die Bewegung des Zuges erfolgt ohne begleitende Kraftquelle, entweder durch die Schwerkraft allein oder in Verbindung mit einer Kraftübertragung von festen Punkten aus. Arten der Kraftübertragung für beide Fälle:

I. Mittelst Rohrleitung und zwar:

a) Luftverdünnung (also Ansaugen): Atmosphärische Eisenbahn (Bd. 1, S. 519).

b) Luftverdichtung oder Pressluft: Pneumatische Bahnen (s. d.).

c) Wasserdruck, bisher nur als Vorschlag.

d) ausströmende Wasserstrahlen, auf der Pariser Weltausstellung 1889 bei der Girard-Barre'schen Gleitbahn ausgeführt, s. Girard, Le chemin de fer glissant, Paris 1889.

II. Mittelst Treibseil: Bahnen mit direktem oder indirektem Seilbetrieb, Seilebenen.

a) Direkter Seilbetrieb:

1. Einfacher Aufzug. Seil nur an einem Ende durch den Zug belastet.
2. Seil oben über eine Rolle geleitet, beide Enden belastet:

α) Nur Schwerkraft als Antrieb, wenn die Nutzlast nur zu Thal geht und die Hebung der leeren Fahrzeuge mit bewirkt (so bei Steinbrüchen, Erzbergen u. dgl.), oder wenn die Schwerkraft durch Ballast, meist Wasser, erzeugt werden kann, um die Nutzlast zu heben (so für kleinere Lasten, z. B. für Bergwerkszwecke und zur Personenbeförderung für Bergbahnen).

β) Zugleich eine feste Kraftquelle, z. B. Dampf- oder elektrische Maschine zur Bewegung des Seiles. So namentlich für Bergbahnen, wenn Wasser am oberen Ende nicht verfügbar ist.

γ) Erzeugung (oder Verstärkung) der Schwerkraft an dem einen Seilende durch eine vorgespannte Lokomotive, zusammenwirkend mit deren eigener Zugkraft, so auf der „schiefen Ebene“ zwischen Erkrath und Hochdahl 1841 (auf der Bahn Düsseldorf-Elberfeld) mit Hilfe eines besonderen dritten Gleises, noch in Anwendung für die zu Berg gehenden Güterzüge.

3. Seil ohne Ende, beiderseits über Rollen geleitet, in Spannung gehalten und umlaufend. Ankupplung der Zuglast an beliebiger Stelle unter Umständen mittelst Greifervorrichtung vom Zuge (oder Wagen) aus, so dass der Zug unabhängig von der entfernten Kraftquelle anhalten kann:

α) System Maus (Belgier), s. Heusinger, Handbuch d. spez. Eisenbahntechnik, Leipzig 1877, Bd. I, Kap. 17.

β) Strassenbahnen mit unterirdischem Seil ohne Ende und Greifer am Wagen, auch Kabelbahnen genannt, vorwiegend in Nordamerika (s. Seilbahnen und Strasseneisenbahnen).

b) Indirekter Seilbetrieb (Agudios System), s. Seilbahnen.

III. Kraftübertragung von fester Kraftquelle (z. B. Turbine oder Dampfmaschine) aus mittelst elektrischen Stromes; Zuleitung durch besondere Leitungskörper, die entweder (für grosse Kraft) als Stab oder Drahtseil neben oder zwischen den Schienen angebracht oder (für schwächere Kräfte, insbesondere Strassenbahnen) als Drähte oder Drahtschnüre über der Bahn oder unter dem Pflaster ausgespannt werden; Rückleitung meist durch die Schienen. S. Eisenbahn, elektrische.

Nach der **Gestaltung der Bahn** ergibt sich folgende Einteilung:

A. Fahrzeuge über der Bahn:

I. Reibungs- oder Adhäsionsbahn, zwei Schienen, ohne weitere Hilfsmittel: Gewöhnliche Eisenbahnen und Strassenbahnen.

II. Besondere Mittel zur Vermehrung der Adhäsion:

1. Mittelschiene für Klemmräder, System Fell (s. Fells Bahnsystem).
2. Ruhendes Schleppseil oder Kette, Vorschlag von Chapman.
3. Zahnstange zwischen den Schienen, ganz durchlaufend (reiner Zahnradbetrieb) oder nur auf besonders steile Strecken beschränkt (gemischter Betrieb). S. Zahnstangenbahnen.

Die Bewegung zu 1.—3. kann mit Lokomotive oder mit Kraftübertragung durch indirekten Seilbetrieb, auch durch elektrische Uebertragung erfolgen.

B. Das Fahrzeug umgreift die Bahn oben und beiderseits (rittlings) mit Hilfe von unteren wagerechten oder schräg gestellten Führungsrollen:

I. Zwei Schienen sehr nahe zusammen, beispielsweise nur 25 cm entfernt, im Lager von Aldershot 1870, von Fell ausgeführt.

II. Einschienenbahnen (s. d.).

C. Fahrzeug unter der Bahn, an derselben hängend: Schwebebahnen, auch Hängebahnen oder Luftbahnen genannt. S. Schwebebahnen.

D. Fahrzeug in geschlossenem Rohr, gleitend oder geführt und mit Pressluft bewegt (Rohrpost). Auch in grösseren Abmessungen mit drei Führungsschinen für die Bergbahn zum Gipfel der Jungfrau, von Locher geplant, aber nicht ausgeführt. S. Pneumatische Bahnen.

E. Hydraulische Gleitbahn, s. oben B. d); praktisch nicht anwendbar.

Die dem öffentlichen Verkehr dienenden Eisenbahnen werden in wirtschaftlichem Sinne in Deutschland eingeteilt in: a. Hauptbahnen (auch Vollbahnen) mit Schnellzugsverkehr bis zu 60 km in der Stunde bei Handbremsen, bis zu 80 km bei durchgehenden Bremsen, ausnahmsweise 90 km (in Frankreich und England auf einzelnen Linien bis 120 km), und mit Güterzügen bis zu 45 km in der Stunde. b. Nebenbahnen (auch Sekundär- oder Vizinalbahnen) mit einer Geschwindigkeitsgrenze von 40 km auf eigenem Bahnkörper und bei durchgehenden Bremsen, sonst 30 km.

Daneben pflegt man neuestens noch „Kleinbahnen" zu unterscheiden, welche nur den Verkehr innerhalb örtlich eng beschränkter Grenzen vermitteln, dabei aber z. B. für den städtischen Personenverkehr als Strassen-, Hoch- oder Tiefbahnen von hoher Bedeutung sein können. Für solche Kleinbahnen ist in Preussen 1892 ein besonderes Kleinbahnengesetz geschaffen, da sie unter den Begriff der allgemeinen Eisenbahn nicht einzureihen sind.

Die Eisenbahnen sind (abgesehen von den Kleinbahnen) in Deutschland zurzeit mit wenig Ausnahmen im Besitz und Betrieb der Landesregierungen; in Oesterreich überwiegen zurzeit noch die Privatbahnen; jedoch schreitet die Verstaatlichung allmälich auch dort vor. In Italien sind die Hauptbahnen durchweg im Besitz des Staates, aber zum Betrieb an Privatgesellschaften verpachtet. In England bestehen nur Privatbahnen, in Frankreich sind sie weit überwiegend.

Als Spurweite ist das in Deutschland unter dem Namen der Vollspur (Normalspur) bekannte Mass von 1,435 m zwischen den Leit- oder Innenkanten der Schienen weitaus am meisten über den Erdboden verbreitet. In Nordamerika, Grossbritannien, Belgien, Holland, Frankreich, Deutschland, Oesterreich, Ungarn, Schweiz, Italien, Dänemark, Schweden, Rumänien, in der europäischen Türkei und Aegypten, Kleinasien und Neusüdwales (Australien) ist es für Hauptbahnen das herrschende, meist ausschliessliche. Grössere Spurweiten kommen als herrschende vor: 1,524 m (5′ engl.) in Russland; 1,60 m (5′ 3″) in Irland und Victoria (Australien); 1,667 m (5′ 6″) in Spanien, Portugal, Argentinien, Chile, Indien. Schmalere Spurweiten sind vorherrschend: 1,0 m in Griechenland, Korsika, Brasilien; 1,067 m (3′ 6″ engl.) in Norwegen, Kapland, Java und Japan, Südaustralien (neben 1,6). Ausserdem kommen neben den vorherrschenden grösseren Weiten in manchen Ländern „Schmalspurbahnen" vor, so von 1 m namentlich

in Belgien, Frankreich und Algier, in der Schweiz, in Deutschland, Oesterreich und Indien. In Deutschland haben die Hauptbahnen stets Vollspur, die Nebenbahnen vorwiegend dieselbe, daneben aber auch 1 m und 0,75 m (Sachsen). Für die Kleinbahnen ist ausser diesen drei Weiten auch diejenige von 0,60 m in Aufnahme gekommen und wird von manchen Seiten mit guten Gründen sehr befürwortet (Vgl. Haarmann, Kleinbahnen, 1896). Vgl. auch Eisenbahnbau.

Litteratur über Geschichte, Statistik und Politik der Eisenbahnen in dem Artikel „Eisenbahn" in Rölls Encyklopädie des Eisenbahnwesens, Wien 1891. *Goering.*

Wirkungen der Eisenbahnen.

Die ebenso gewaltigen wie mannigfaltigen Wirkungen der Eisenbahn entstehen sämtlich aus der Abschwächung der Bedeutung räumlicher Entfernung und führen in der Regel zu geradezu entgegengesetzten Erscheinungen, indem jede Thätigkeit, welche in räumlichen Schranken die Grenzen für ihre Entfaltung findet, erweitert und begünstigt, im Gegensatze dazu aber jede Wirksamkeit, die des Schutzes räumlicher Beschränkung bedarf, zurückgedrängt oder gar vernichtet wird. — Die erste unmittelbare Wirkung der Eisenbahnen ist eine Erhöhung des Lebensgenusses, da durch sie die Arbeit vermindert wird, die zur Erlangung der wirtschaftlichen Güter aufzuwenden ist. In gleich unmittelbarer Weise entsteht eine Verminderung der örtlichen und zeitlichen Preisschwankungen.

Die Gefahren grosser Teurung oder der Hungersnot mit ihrer Gefolgschaft von Seuchen, Lastern und Verbrechen bestehen nach Ausbildung des Eisenbahnnetzes nicht mehr, die örtlichen Preisschwankungen sind zwischen dem Ein- und Ausfuhrpreise eingeschlossen, deren Unterschied gleich dem doppelten Betrage der Transportkosten zwischen dem heimischen und fremden Erzeugungsorte eines Gutes ist, werden also mit der Vervollkommnung des Verkehrs geringer. Die Herstellung derjenigen Güter, deren Ausfuhr durch die Eisenbahnen begünstigt wird, muss gewinnbringender werden, wogegen die Erzeugung solcher Güter, die dadurch dem Wettbewerbe der Einfuhr in erhöhtem Masse ausgesetzt werden, weniger lohnend wird. Infolge dessen wird die Produktion dieser letzteren Güter eingeschränkt oder ganz aufgegeben, die der ersteren aber ausgedehnt. Dadurch entsteht in der Landwirtschaft wie im Gewerbe die Ausbildung örtlicher Standorte für bestimmte Arten der Gütererzeugung, also eine schärfere Ausprägung örtlicher Eigenart. Der örtlichen Arbeitsteilung folgt im Gewerbebetriebe die technische Arbeitsteilung und die Ansiedelung der Hilfsgewerbe, so dass der gesamte wirtschaftliche Charakter einer Gegend sich dem herrschenden Gewerbebetriebe anschliesst.

Im Gegensatz zu der schärferen Ausprägung örtlicher Eigenart verliert die Entfernung vom Marktorte, welche früher für den Grundwert und auch für die Bewirtschaftungsweise so entscheidend war, sehr erheblich an Bedeutung. Auch der Standort der Gewerbebetriebe wird mehr von dem Gewinnungsorte der Rohprodukte abgelöst und, da die Fracht für Rohprodukte billiger ist als für die fertigen Waren, dem Absatzgebiete näher gerückt, wodurch die Grossstädte auch zum Hauptsitze der Gewerbethätigkeit werden.

Durch die erleichterte Beherrschung eines weiten Absatzgebietes bildet sich der Grossbetrieb aus und mit ihm die Ersetzung der Handarbeit durch Maschinen. So segensreich die hierdurch herbeigeführte Entlastung von qualvoller, harter Arbeit ist, so wurde doch in weiterer Folge durch die Maschinenarbeit die soziale Frage heraufbeschworen.

Die alte Gliederung der menschlichen Gesellschaft ist aufgelöst, ohne dass sofort neue befriedigende Formen dafür gewonnen werden können. Die Ueberleitung aus dem Kampfe zu einer neuen friedlichen Gleichgewichtslage bildet eine ernste Aufgabe des Staates, dessen Thätigkeit überhaupt durch die Eisenbahnen erheblich erweitert wurde. Die technische Eigenart der Eisenbahnen, das Gleis, machte eine Zusammenfassung des Betriebes in eine Hand erforderlich, was offenbar am vollkommensten durch den Staat erreicht wurde.

Das Verhältnis zwischen Stadt und Land ist durch die Eisenbahnen völlig umgekehrt. Früher erhielt die Landwirtschaft bei knappen Ernten einen Ausgleich durch höhere Preise, während die städtische Bevölkerung unter der Teurung zu leiden hatte. Bei der jetzt durch den Einfluss des Weltmarktes gesicherten grösseren Gleichmässigkeit der Preise ist der Lebensunterhalt für die Städte weit unabhängiger von dem örtlichen Ernteausfall geworden, während die Landwirtschaft bei schlechten Ernten Not leidet. Daher entsteht die massenhafte Einwanderung der Landbevölkerung in die Städte.

Das Wachstum der Städte wirkt anregend und fördernd auf allen Gebieten der Kunst und Wissenschaft, veranlasst die Ausführung umfassender Anlagen zur Förderung der Gesundheit, der Bequemlichkeit und Annehmlichkeit des Lebens, aber bringt auch alle unheilvollen Folgen der Verschärfung des Kampfes um das Dasein mit sich. Doch das Schlechte hat den Schutz der Verborgenheit verloren, und dieselben Eisenbahnen, die die Bevölkerung in die Mauern der Städte ziehen, führen sie im erleichterten Vorortverkehr auch wieder hinaus ins Freie.

Das frühere Uebergewicht der Küstenländer über das Binnenland ist durch die Eisenbahnen zu Gunsten der Binnenländer umgekehrt. Sie bilden auch ein gewaltiges Rüstzeug des Krieges und sichern als solches den Frieden. Alle Naturschönheiten, erfrischende Bäder und Heilquellen, alle Schätze des Wissens und der Kunst werden durch die Eisenbahnen mehr und mehr zum Gemeingut der Menschheit. Auf der durch die Eisenbahnen erreichten Steigerung der Herrschaft des Menschen über den Raum beruht ein Kulturfortschritt von so vielseitiger und umwälzender Art, dass in der ganzen Kulturgeschichte der Menschheit nur die Erfindung der Buchdruckerkunst an Wirksamkeit damit verglichen werden kann. *Launhardt*

Eisenbahnabrechnungsstelle ist im Bereich des Vereins deutscher Eisenbahn-Verwaltungen die frühere Generalsaldirungsstelle in Magdeburg. Gegründet am 1. April 1883, wurde sie später nach Berlin verlegt und der dortigen Eisenbahndirektion als geschäftsführender Verwaltung des Vereins unterstellt. Im November 1884 wurde ihr Name dann in „Vereinsabrechnungsstelle“ abgeändert. Sie entspricht der vierten Abteilung des Clearing House und verfolgt dieselben Zwecke (vergl. Bd. 3, S. 69). Für den Vollzug der Zahlungen, in Bar oder durch Girokonto, ist bestimmt, dass die Verbandsverwaltungen binnen 10 Tagen nach Mitteilung des Ausgleichpostens ihren Verpflichtungen nachzukommen haben.

Die im Rechnungsjahr 1894/95 bei der Vereinsabrechnungsstelle in 137274 Posten zum Ausgleich angemeldete Summe von 304074329 *M.* ist auf 4249 Posten und 140329238 *M.* bar zu bezahlende Beträge reduzirt worden, gegen 115307 Posten und 244679118 *M.* im Rechnungsjahr 1884/85, die auf 4799 Posten mit 110408724 *M.* reduzirt wurden. Analog der Vereinsabrechnungsstelle in Berlin hat das Zentralsaldirungsbureau in Brüssel (bureau centrale de compensation), gegründet am 1. Januar 1886, die Ausgleichung zwischen den an den internationalen (englisch-französisch-holländisch-belgisch-deutsch-schweizerisch-österreichungarisch-italienischen) Verkehren beteiligten Verwaltungen zu vermitteln. *Höltzel.*

Eisenbahnanschluss, s. Bahnhöfe.

Eisenbahnbau. A. Die Vorarbeiten zum Bau einer Eisenbahn umfassen alle Erwägungen und Untersuchungen technischer und wirtschaftlicher Art bis zum Beginn der Ausführung selbst. Sie sind bedingend für eine zweckentsprechende und sparsame, doch auch nicht übermässig beschränkte Ausführung und müssen demnach, zumal in schwierigen Verhältnissen, mit Sorgfalt durchgeführt werden, um die aufzuwendenden Kosten mit dem jeweiligen Zweck, der sehr verschieden sein kann, in richtigen Einklang zu bringen und mit dem verfügbaren Aufwande die günstigste wirtschaftliche Leistung zu erzielen. Die Eisenbahnvorarbeiten umschliessen also technische und wirtschaftliche (kommerzielle) Untersuchungen, die vielfach in einander greifen und sich gegenseitig beeinflussen. Das Ergebnis der technischen Arbeiten kommt in den Entwürfen und in der Baukostenberechnung, derjenige der wirtschaftlichen in der Ertragsberechnung zur Erscheinung. Dabei können die zu erwartenden Jahreseinnahmen freilich nur auf Grund etwas unsicherer Annahmen für den sich entwickelnden Verkehr geschätzt werden. Diesen Jahreseinnahmen stehen die jährlichen Ausgaben für die Verzinsung der Baukosten, für die Bahnunterhaltung und für die Betriebsausgaben gegenüber, welche alle auf Grund von Erfahrungswerten mit ziemlich grosser Sicherheit ermittelt werden können.

Reichen die Einnahmen nicht zur Deckung der Ausgaben, so kann die beabsichtigte Bahn als Privatbahn nicht bestehen, es sei denn, dass ihr die nötigen Zuschüsse von irgendwelcher Seite (Staat, Provinz, Kreis, Gemeinden) gesichert sind, wie dies in Form von Kapitalbeiträgen, von unentgeltlicher Beschaffung des Geländes durch die Gemeinden, von Zinsgewähr oder auf andere Weise geschehen kann. Solche Beihilfen können ebensowohl wie die Uebernahme des Baues durch den Staat auch ohne unmittelbare Aussicht auf Verzinsung der Anlagekosten gerechtfertigt sein, weil der wirtschaftliche Nutzen der Bahn keineswegs allein in ihren Gelderträgen, zumal nicht gleich in den ersten Jahren, zur Erscheinung kommt, sondern auch in der Förderung des gesamten Kulturzustandes der Umgegend und so in der allmählichen Hebung des Wohlstandes und der Steuerkraft der Bevölkerung zum Ausdruck gelangt.

Die Eisenbahnvorarbeiten werden in der Regel in die (nicht immer scharf zu trennenden) allgemeinen und die ausführlichen eingeteilt. Die allgemeinen Vorarbeiten erstreben einen vorläufigen oder Vorentwurf nebst Kostenüberschlag und Ertragsberechnung. Sie hauptsächlich umschliessen auch

die wirtschaftlichen Erwägungen und sollen vor allem die Frage beantworten, ob und unter welchen technischen und finanziellen Verhältnissen zwischen den gegebenen Punkten eine bauwürdige Eisenbahnlinie möglich erscheint, und bei verschiedenen Möglichkeiten, welche Linie die im ganzen geeignetste sein würde. Nach bejahendem Ausfall dieser Antwort ist dann die Genehmigung der vorgesetzten Aufsichtsbehörden und die Sicherstellung der erforderlichen Mittel für die Baukosten — bei Staatsbahnen durch Bewilligung seitens der gesetzgebenden Gewalten herbeizuführen.

Für die zu diesem Zwecke an die Behörden (Ministerium) einzureichenden Vorlagen bestehen in den einzelnen Staaten bestimmte Vorschriften. In Preussen wird z. B. verlangt: Eine Uebersichtskarte (z. B. 1 : 100000), die erforderlichen Lage- und Höhenpläne (1 : 10000 bis 1 : 5000), Erläuterungsbericht, Kostenüberschlag, Denkschrift, Ertragsberechnung (Vorschriften vom 7. März 1893).

Die ausführlichen Vorarbeiten (die vielleicht inzwischen schon begonnen sind) haben sodann den eigentlichen Bauentwurf für die Ausführung in allen seinen Teilen nebst eingehenden Bau- oder Kostenanschlägen aufzustellen. Sie umfassen daher ein sehr grosses Arbeitsgebiet, sind ganz oder doch vorwiegend technischer Art und liefern die eigentliche Grundlage für den gesamten Bau. Zunächst erfolgt die gründliche Ausarbeitung der genauen Lage- und Höhenpläne (1:2500 bis 1:1000) nebst Zubehör und nach deren Genehmigung (s. Eisenbahn) die allmäliche Ausarbeitung der Einzelentwürfe zu den Bauwerken, Wegeübergängen, Bahnhöfen u. s. f., die wieder im einzelnen zur Genehmigung den Behörden vorgelegt werden. Bei allen grösseren, schwierigen und lange Zeit beanspruchenden Bauten ist ferner ein Bauplan für den ganzen Bauvorgang auszuarbeiten, um für jede Zeitperiode den Bedarf an Material, Arbeitskräften, Geldmitteln u. s. f. richtig zu übersehen und somit eine sichere Grundlage für den Vorgang zu gewinnen. Nebenher gehen die Vorarbeiten für den Grunderwerb.

Die Eisenbahnvorarbeiten umschliessen eine grosse Reihe verschiedenartiger Thätigkeiten, u. a. die Lage- und Höhenaufnahme, wobei je nach dem Einzelzweck die mannigfaltigsten Verfahren Anwendung finden und die deshalb stets mit Verständnis des Zwecks (damit ausreichend, aber ohne Zeitverschwendung), also von Ingenieuren ausgeführt werden sollten; sodann die Entwurfsarbeiten, insbesondere die Ermittelung und Verteilung der Erdmassen nebst deren Kostenermittelung; die Absteckungsarbeiten; die Ermittelung der Bau- und Betriebskosten sowie der Einnahmen zur Aufstellung der Ertragsberechnung; die Berücksichtigung von allerlei praktischen Verhältnissen (Wasser- und Wegeläufe, geologische Umstände, Eigentumsrechte u. a. m.). Die Baukosten umfassen alle für die Vorarbeiten und die Bauausführung einschliesslich des Grunderwerbs und der Unterhaltungsarbeiten bis zur endgiltigen Uebernahme durch die Betriebsverwaltung erwachsenden Ausgaben. Dem „Baukapital“ werden auch nach der Vollendung einer Bahn alle zur Erweiterung der bleibenden Bauanlagen dienenden Neuaufwendungen hinzugerechnet; es bildet sonach eine im Laufe der Zeit wachsende Grösse, welche den jederzeitigen Wert der Gesamtanlage darstellt, während die Ergänzung und Erneuerung der durch allmäliche Abnützung verbrauchten Teile (wie z. B. des Oberbaus, s. d.) aus besonders dazu anzusammelnden Erneuerungsfonds bestritten werden soll. (Die seinerzeit auf Beschluss des Abgeordnetenhauses entgegen der Absicht der Regierung erfolgte Unterlassung solcher Ansammlung bei den preussischen Staatsbahnen ist gegenwärtig allgemein als ein Fehler anerkannt.)

Die Veranschlagung der Baukosten geschieht — sowohl für den Vorentwurf als auch für den endgiltigen Bauentwurf nach gewissen, in den meisten Ländern bestimmt vorgeschriebenen Arbeitsarten oder „Titeln“; so ist in Deutschland durch das Normalbuchungsformular von 1882 folgende Titeleinteilung festgesetzt:

I. Grunderwerb und Nutzungsentschädigung.
II. Erd- und Böschungsarbeiten, Futtermauern u. s. f.; einschliesslich derjenigen zu den Wegeübergängen.
III. Einfriedigungen, ausschliesslich derjenigen der Bahnhöfe.
IV. Wegeübergänge, Unter- und Ueberführungen von Wegen und Eisenbahnen.
V. Durchlässe und Brücken.
VI. Tunnel.
VII. Oberbau mit allen Nebensträngen und Ausweichungen.

VIII. Signale nebst dazu gehörigen Buden und Wärterwohnungen.
IX. Bahnhöfe und Haltestellen nebst allem Zubehör an Gebäuden ausschliesslich Werkstattanlagen aller Art. (Hier auch Drehscheiben, Schiebebühnen u. s. f.)
X. Werkstattanlagen.
XI. Ausserordentliche Anlagen als Flussverlegungen, Durchführung durch Festungswerke.
XII. Betriebsmittel.
XIII. Verwaltungskosten (auch Vorarbeiten).
XIV. Insgemein.
XV. Etwaige Ausfälle beim Betriebe auf Kosten des Baufonds.
XVI. Zinsen während der Bauzeit.
XVII. Kursverluste.
XVIII. Erste Dotirung des Reserve- u. s. f. Fonds.

Tit. XV bis XVIII fallen bei Staatsverwaltungen weg. Für die Voranschläge ist in Preussen die Innehaltung derselben Einteilung, jedoch unter thunlichster Einschränkung der Positionen und Unterpositionen vorgeschrieben.

Litteratur: Goering, Vorarbeiten, in Rölls Encyklopädie des Eisenbahnwesens, Wien 1895, S. 3384. — Richard und Mackensen, Vorarbeiten im Handbuch der Ingenieurwissenschaften, 1. Bd., 2. Aufl., Leipzig 1883. — von Kaven, Vorträge über Eisenbahnbau, Aachen 1877, Heft 5, 6 und 7. — Launhardt, Theorie des Trassirens, Hannover 1887 und 1888. *Goering.*

B. Die Bauwürdigkeit geplanter Eisenbahnen.

Die Bauwürdigkeit kann von drei verschiedenen Gesichtspunkten aufgefasst werden: vom privatwirtschaftlichen Standpunkt der neu anzulegenden Bahn, vom privatwirtschaftlichen Standpunkt des gesamten Bahnnetzes, dem sich die neue Bahn anschliessen soll, und vom gemeinwirtschaftlichen Standpunkt. — Im ersten Falle ist die Verzinsung zu ermitteln, welche für die Anlagekosten durch den Betriebsüberschuss erhalten wird, den die anzulegende Bahn voraussichtlich liefern wird.

Für die Schätzung des Betriebsüberschusses ist zuerst von Michel [1] ein zutreffendes und zugleich einfaches Verfahren angegeben worden. Er berechnet die zu erwartende Verkehrsmenge nach der Bevölkerungszahl, welche durch die geplante Bahn neu in den Eisenbahnverkehr gezogen wird; es ist dies die Einwohnerzahl der Stationsorte, der zur Berücksichtigung des Einflusses des Hinterlandes ein gewisser Zuschlag gegeben wird. Dieser Zuschlag ist um so grösser zu bemessen, je grösser das auf die Station angewiesene Gebiet ist, je dichter dessen Bevölkerung ist und je bequemer die Zugangswege zur Station sind; er ist je nach diesen Umständen zu 200 bis 1200 Köpfen anzunehmen. Michel fand, dass 1866 in Frankreich auf jeden Kopf der so festgestellten „Eisenbahnbevölkerung“ 6,5 Reisende und 2,1 t Güter kamen, dass die Verkehrsmenge in lediglich Ackerbau oder Weinbau treibenden Gegenden um $^1/_3$ hinter diesem Durchschnitt zurückblieb, in gewerbfleissigen Gegenden dagegen um $^1/_3$ sich darüber erhob. — Für Deutschland stellen sich die Verkehrsmengen ganz erheblich höher. 1891 betrug die Eisenbahnbevölkerung Deutschlands rund 29 Millionen, die Zahl der beförderten Personen 458 Millionen und die der Güternutztonnen 225 Millionen, so dass auf den Kopf der Eisenbahnbevölkerung rund 16 Reisende und 8 t Güter zu rechnen sind. Scheidet man aus den Betriebskosten die von der Verkehrsmenge unabhängigen Ausgaben aus, so betragen nach [2] die gleichmässig mit der Verkehrsmenge wachsenden Betriebskosten durchschnittlich für das Personen-Kilometer 2,47 Pf. und für das Nutztonnen-Kilometer 1,34 Pf., wofür rund 2,5 und 1,4 Pf. gesetzt werden mögen. Zu beachten ist, dass in diesen Beträgen die Zinsen der Anschaffungskosten der Lokomotiven und Wagen eingerechnet sind. Da 1891 in Deutschland für das Personen-Kilometer durchschnittlich 3,15 Pf., für das Gütertonnen-Kilometer 3,9 Pf. erhoben wurden, so ist der Betriebsüberschuss, immer abgesehen von den festen, von der Verkehrsmenge unabhängigen Ausgaben, für das Personen-Kilometer 0,65 Pf. und für das Nutztonnen-Kilometer 2,5 Pf. Auf den Kopf der Eisenbahnbevölkerung wird also für 1 km Fahrlänge ein Betriebsüberschuss $= 16 . 0{,}65 + 8 . 2{,}5 =$ rund 0,3 *M.* gewonnen. — Zählt die durch eine neue Bahn von l Kilometer Länge neu in den Eisenbahnverkehr gezogene Bevölkerung E Köpfe und durchläuft, wie man annehmen kann, der Verkehr durchschnittlich $^2/_3$ der Bahnlänge, so ist der zu erwartende Betriebsüberschuss in Anbetracht, dass im allgemeinen die Anzahl der ankommenden und abgehenden Personen und Tonnen gleich gross sein wird, also die Bahn von der betreffenden Station bis zum Anschluss an die Hauptbahn für jede Verkehrseinheit doppelt zu rechnen ist $= 2 . 0{,}3\, E . \frac{2}{3} l = 0{,}4\, El$ *M.* im Jahre. Betragen die Unterhaltungskosten und die festen, von der Verkehrsmenge unabhängigen Betriebskosten K *M.* für das Kilometer und sind die Anlagekosten A *M.* für das Kilometer, so ist die Verzinsung für die Anlagekosten: $i = \frac{0{,}4 . E - K}{A}$.
Es wird in Deutschland nur noch ausnahmsweise neue Bahnlinien geben, die nach dieser Rechnung aus ihrem eigenen Betriebsüberschusse eine befriedigende Verzinsung ihrer Anlagekosten liefern.

Anders gestaltet sich dagegen die Beurteilung, wenn man die Steigerung des Betriebsüberschusses für das gesamte bestehende Bahnnetz in Rechnung zieht.

1891 wurden auf den deutschen Eisenbahnen 23 111 Millionen Nutzgütertonnen-Kilometer und 11,625 Millionen Personen-Kilometer geleistet, so dass auf den Kopf der 29 Millionen

zählenden Eisenbahnbevölkerung durchschnittlich rund 800 Tonnen-Kilometer und 400 Personen-Kilometer kommen, an denen ein Betriebsüberschuss $= 2{,}5 . 800 + 0{,}65 . 400$ Pf., $= 22{,}6$ *M.* gewonnen wird. Bei einer durch die neue Bahn in den Eisenbahnverkehr gezogenen Bevölkerung von E Köpfen ist also nach den früheren Bezeichnungen die Verzinsung der Anlagekosten: $c = \frac{22{,}6\,E - Kl}{Al}$, mithin beispielsweise für $E = 10000$, $l = 20$, $K = 7000$ und $A = 100000$ die Verzinsung 4,3 %. Der Besitzer eines grösseren Bahnnetzes hat also weit eher ein Interesse an der Einschaltung einer neuen Bahnlinie als eine für deren Bau besonders zu errichtende Gesellschaft.

Betrachtet man eine geplante Eisenbahn vom gemeinwirtschaftlichen Standpunkt, so ist zu berücksichtigen, dass nach [3] der gemeinwirtschaftliche Nutzen der Eisenbahnen in Deutschland für jeden Kopf der Eisenbahnbevölkerung jährlich 100 *M.* beträgt.

Gemeinwirtschaftlich ist daher die Rente einer neuen Eisenbahn: $c = \frac{100\,E - Kl}{Al}$, also für $l = 20$, $K = 7000$, $A = 100000$ schon für eine Bevölkerung $E = 2500$ gleich 5,5 %.

Wenn sonach vom privatwirtschaftlichen Standpunkte in Deutschland nur noch wenige neue Eisenbahnlinien eine befriedigende Verzinsung abwerfen, so ist doch gemeinwirtschaftlich eine erhebliche Verdichtung des Bahnnetzes von Vorteil.

Litteratur: [1] Michel, Annales des ponts et chaussées, 1868. — [2] Launhardt, Theorie der Tarifbildung, Archiv für Eisenbahnwesen, 1890. — [3] Ders., Zentralblatt der Bauverw. 1894, Nr. 25.
Launhardt.

Ausser den eben genannten privatwirtschaftlichen und gemeinwirtschaftlichen Rücksichten können auch solche auf die Landesverteidigung für die Ausführung einer Eisenbahn massgebend werden. Diese, von der Politik gebotenen, die sogen. strategischen Eisenbahnen, versehen zwar auch in beschränkter oder unbeschränkter Weise den Dienst für den öffentlichen Verkehr; ihre Bauwürdigkeit ist aber in der Regel vom wirtschaftlichen Standpunkte aus nicht ohne weiteres zu begründen. In der Regel ist ihre Ausführung auch an besondere militärische Vorschriften geknüpft.

C. Die Bauausführung einer Eisenbahn

umfasst alle zur Herstellung der Bahn erforderlichen Arbeiten von der Baueinleitung und dem Beginn der Erdarbeiten bis zur Uebergabe an die Betriebsverwaltung, welche in der Regel erst einige Zeit nach der Eröffnung erfolgt, indem während der ersten Monate des Betriebes meist noch verschiedene rückständige Bauarbeiten abzuschliessen sind und die fertigen Arbeiten (Erddämme, Böschungen u. s. f.) noch eine gewisse Zeit bis zu völliger Festigung auf Kosten der Baurechnung unterhalten werden müssen. — Im weitern Sinne rechnet man auch wohl die der Ausführung vorausgehenden Eisenbahn-Vorarbeiten, also die gesamte Ausarbeitung des Entwurfs mit zum Bau, insofern auch deren Kosten von der Baurechnung mit gedeckt werden müssen. Bei grösseren Eisenbahnlinien, welche unter Umständen Tunnel, Stromübergänge und Hafenbauten umfassen können, gibt der Eisenbahnbau fast allen Zweigen der Technik mit Einschluss der Architektur Gelegenheit zur Bethätigung. — Die Bauausführung bedarf in allen Kulturländern der vorgängigen Genehmigung durch die zuständigen Landesbehörden; schon zur Ausführung der Vorarbeiten mit Beschreitung öffentlichen und privaten Eigentums ist eine solche Genehmigung (sogen. „Vorkonzession“ bei Privatunternehmungen) erforderlich. Nach Beendigung der allgemeinen Vorarbeiten und Billigung ihrer Ergebnisse durch die Behörden folgt bei Staatsbahnen die Herbeiführung des erforderlichen Gesetzgebungsaktes zur Bewilligung der Geldmittel und der Ausführung, bei Privatbahnen die Erteilung der Baugenehmigung („Baukonzession“ oder „Baukonsens“) an die Unternehmer (z. B. durch den Landesherrn auf Antrag des Staatsministeriums). Damit ist das Recht der Enteignung verbunden, ohne welche der Bau nicht ausführbar sein würde. Trotzdem bedarf es jedoch in den meisten Ländern zum wirklichen Beginn der Bauarbeiten immer erst noch der vorgängigen Genehmigung der ausführlichen Bauentwürfe durch die zuständige Landesbehörde (in Preussen Ministerium der öffentlichen Arbeiten) und hierzu wiederum der vorausgehenden Billigung durch die Landes- oder Bezirks-Baupolizeibehörden (Bezirksregierungen in Preussen).

Zu solchem Zweck werden diesen Behörden die Entwürfe vorgelegt und unter deren Leitung Termine (landespolizeiliche Prüfung) mit örtlichen Besichtigungen abgehalten, bei welchen sämtliche Beteiligte (Vertreter der Forst-, Berg- und anderer Behörden, der Amts- und Ortsvorstände, auch Private) Zutritt erhalten, um ihre etwaigen Einwendungen geltend zu machen. Zu deren Ermöglichung werden die Pläne der Linienführung, nach Gemeindebezirken getrennt, vor dem Termin in jeder Gemeinde öffentlich zu jedermanns Einsicht ausgelegt. Nach Erledigung dieser Termine und nach Entscheidung der etwaigen Streitfälle durch die betreffende Behörde (Bezirksregierung) werden die Pläne an die zuständige Landesbehörde (Ministerium) übersandt zur Herbeiführung der oben bezeichneten Baugenehmigung. Nach betriebsfähiger Herstellung der Bahn erfolgt abermals eine landespolizeiliche Besichtigung (Abnahme) und erst nach dieser die Erlaubnis der Landesbehörde zur Inbetriebnahme.

Bei der Bauausführung selbst unterscheidet man in geschäftlicher Hinsicht die Ausführung „in Regie" einer- und diejenige „mit Unternehmern" andererseits (auch „Regiebau" und „Unternehmerbau") und bezeichnet diese beiden Arten des Verfahrens als „Bausysteme", welche jedoch in der Praxis keineswegs immer ganz scharf von einander geschieden bleiben. Beim reinen Regiebau bewirkt der Bauherr (die staatliche oder private Eisenbahnverwaltung, Eisenbahngesellschaft) die gesamte Ausarbeitung aller Bauentwürfe und deren Ausführung bis in alle Einzelheiten durch seine eigenen Beamten und Arbeiter, bildet also selbst den Arbeitgeber gegenüber den Arbeitern, wobei indessen eine Vereinigung dieser in kleinen Gruppen (Schächten mit einem Schachtmeister) und eine Vergebung von Arbeiten an solche Gruppen im „Hand-" oder „Kleinakkord" üblich ist. — Beim Unternehmerbau bildet der Bauherr nicht selbst den Arbeitgeber, sondern überträgt („vergibt") die Ausführungsarbeiten in mehr oder weniger grossen Stücken (Losen) durch genau festgesetzte Vertragsabschlüsse (Bauverträge) an Bauunternehmer. Die Begrenzung der einzelnen Arbeitslose kann hierbei sehr verschieden ausfallen; sie kann eine räumliche sein, indem innerhalb einer bestimmten Baustrecke einem Unternehmer alle Arbeiten — mit oder ohne Materiallieferung — übergeben werden; sie kann aber auch nach Gegenständen erfolgen, so dass bestimmte Arbeitsarten (Erdarbeiten, Mauerarbeiten, Oberbau u. s. f.) für die ganze Baustrecke oder grössere Teile derselben je einem Unternehmer zugewiesen werden. Ebenso kann auch die Grenze hinsichtlich des Einflusses, den sich der Bauherr auf die Ausführung im einzelnen vorbehält, sehr verschieden gezogen werden.

Die weitestgehende Form des Unternehmerbaus ist die Vergebung des Bahnbaus für eine grössere oder die ganze Strecke an sogen. Generalunternehmer, in Oesterreich als Pauschalakkord bezeichnet. Hierbei werden die sämtlichen Bauarbeiten einer Strecke oft mit Einschluss der Betriebseinrichtung, ja auch wohl des Betriebsmaterials (bisweilen sogar mit Einbeziehung der Entwurfsarbeiten, was aber nicht ratsam erscheint) einem Grossunternehmer gegen eine Pauschsumme übertragen, der damit zugleich die Gefahr etwaiger Zubusse mit übernimmt. Hierbei sind gründlich ausgeführte Vorarbeiten, eine genaue Baubeschreibung, sodann grosse Kapitalkraft und vollständige Zuverlässigkeit des Unternehmers Vorbedingungen guten Gelingens. Der Bauherr muss sich dabei eines unmittelbaren Einflusses auf die Ausführung im einzelnen mehr oder weniger begeben; dagegen kann die Gliederung der Bauleitung dabei am einfachsten und beweglichsten, die Ausführung selbst am raschesten bewirkt werden und bei Wahl eines tüchtigen und zuverlässigen Unternehmers doch gediegen und preiswert ausfallen. Dieses Verfahren kann deshalb namentlich für Privatunternehmungen in entlegenen Ländern von grossem Wert sein, unter anderem auch zur Feststellung einer bestimmten Höhe des Aktienkapitals und damit zur Erleichterung der Geldbeschaffung. Es bildet in England die Regel und ist auch in Oesterreich-Ungarn mehrfach zur Anwendung gelangt, in Deutschland in grösserem Masse wohl nur zu Ende der sechziger und Anfang der siebenziger Jahre, sodann später bei Nebenbahnen. — In den meisten Staaten des europäischen Kontinents bildet dagegen die Regel eine nicht so weit gehende Art des Unternehmerbaus, welche als „Akkordbau mit Nachmessung" bezeichnet worden ist. Hierbei beschränkt sich die Vergebung in räumlicher und oft auch noch in sachlicher Hinsicht in der oben angedeuteten Weise auf engere Grenzen und die Bauverwaltung behält die sämtlichen Entwurfsarbeiten und Absteckungen,

sowie eine fortlaufende, ins einzelne gehende Ueberwachung der Bauarbeiten selbst in der Hand. Ueber alle Arbeitsarten werden in den Bauverträgen genaue Einheitspreislisten vereinbart. Während der Bauzeit werden auf Grund von vorläufigen „Abnahmen“ in der Regel allmonatlich Abschlagszahlungen an die Unternehmer erteilt und die Schlusszahlung erfolgt nach Vollendung auf Grund der wirklich geleisteten und von der Bauverwaltung durch genaue Aufmessung festgestellten Arbeitsgrössen nach Massgabe jener Preislisten. Dieses Bausystem entlastet zwar die Bauverwaltung nicht entfernt in dem Masse wie das vorher besprochene von den Bauleitungsarbeiten; dagegen bietet es weit grössere Sicherheit für eine gediegene und sparsame, wenn auch vielleicht nicht ganz so rasche Ausführung des Baues. Zugleich gestattet es, wegen der verminderten Verlustgefahr, auch die Heranziehung kleinerer, aber darum in ihrem Bereich doch brauchbarer Unternehmer. Gegenüber dem Regiebau bietet es bei richtiger Handhabung und Wahl zuverlässiger, leistungsfähiger Unternehmer mancherlei Vorteile, namentlich die sofortige Bereitschaft der erforderlichen Geräte und Einrichtungen, sowie auch eines in den praktischen Ausführungsarbeiten und deren Anordnung erfahrenen Personals an Vorarbeitern, Schachtmeistern, Aufsehern, unter Umständen auch Ingenieuren; ferner die grössere Freiheit der Bewegung im einzelnen und die Entlastung des technischen Personals der Bauverwaltung von einer Menge von Rechnungs- und Schreibarbeiten, so dass dieses sein Augenmerk um so mehr auf die technisch richtige Ausführung lenken kann. Aus solchen Gründen hat sich dieses mittlere Bausystem in Deutschland am besten bewährt und am meisten eingebürgert. (Vergl. die Art. Bauvertrag und Bauvollzug.) *Goering.*

Eisenbahnbauplan, Uebersicht über die beabsichtigte Anordnung des ganzen Bauvorgangs nach Zeitabschnitten mit Angabe der innerhalb dieser erforderlichen Arbeitskräfte, Materialien, Geldmittel und besonderen Vorkehrungen, s. auch Eisenbahnbau.

Eisenbahnen, elektrische. Werner von Siemens erbaute 1879 das erste elektrisch betriebene Fahrzeug und führte dasselbe auf der damaligen Berliner Gewerbeausstellung vor.

Bis in die Mitte der achtziger Jahre fand indes die neue Betriebsart wenig Beachtung. Erst vom Jahre 1887 ab folgte eine rasche Entwicklung in den Vereinigten Staaten von Amerika und zwar zunächst für den Betrieb von Strassenbahnen, so dass 1890 bereits 2000 km und am Anfang des Jahres 1895 sogar 13 000 km mit etwa 20 000 Motorwagen von elektrisch betriebenen Fahrzeugen befahren wurden. — Im Deutschen Reiche hat die Entwicklung der elektrischen Betriebsweise indes einen wesentlich langsameren Verlauf genommen. Es wurden 1895 zunächst nur 340 km Strassenbahnen mit annähernd 550 Motorwagen elektrisch betrieben. Aber auch hier ist gegenwärtig die Anwendung dieser Betriebsart in gewaltigem Aufschwunge begriffeu. — Wenngleich bisher der elektrische Bahnbetrieb sich fast ausschliesslich auf Strassenbahnen beschränkt hat, so wird zur Zeit doch auch der elektrische Betrieb der Hauptbahnen in eingehende Erwägung gezogen und sind bereits in Amerika zurzeit einige derartige Bahnen für elektrischen Betrieb ausgerüstet.

Soll ein Körper auf vorgeschriebener Bahn bewegt werden, so muss die Arbeitsquelle, welche die zur Bewegung erforderliche mechanische Arbeit liefert, entweder mit dem bewegten Körper in unmittelbarem Zusammenhange bleiben oder es muss durch geeignete Uebertragungsvorrichtungen eine Ueberleitung der erforderlichen Arbeit nach dem jeweiligen Orte des bewegten Körpers erfolgen. Vor Einführung des elektrischen Betriebes war die letztgenannte Betriebsart nur für geringe Entfernungen verwendbar und beschränkte sich auf die Seil- und Kabelbahnen. Die Mitführung der Arbeitsquelle macht aber besonders beim Lokomotivbetrieb die Zugförderung sehr unwirtschaftlich, weil eine verhältnismässig sehr grosse tote Last mitgeschleppt werden muss. Dieser Uebelstand ist beim elektrischen Betriebe zum grössten Teil beseitigt. Denkt man sich an einem Punkte neben der zu betreibenden Bahnstrecke feste Dampfmaschinen oder hydraulische Motoren aufgestellt und nimmt an, dass die von denselben geleistete mechanische Arbeit zunächst zum Betriebe einer Dynamomaschine benützt wird, so vollzieht sich dabei eine Umsetzung der mechanischen Arbeit in elektrische Energie. Führt man längs der Bahnstrecke eine den Strom leitende metallische Hin- und Rückleitung aus, verbindet jede Leitung

mit je einer Polklemme der Dynamomaschine und nimmt ferner an, dass an einer oder mehreren Axen eines auf der Bahnstrecke befindlichen Fahrzeuges Elektromotoren angebracht sind, deren Polklemmen mit den genannten Leitungen in Verbindung stehen, so ist damit ein

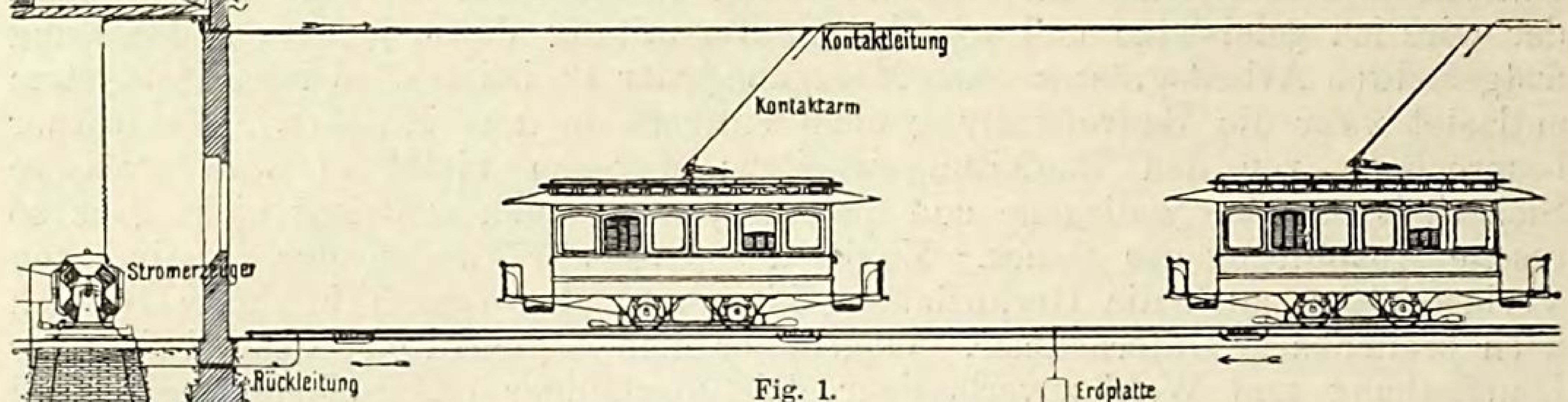


Fig. 1.

geschlossener Stromkreis hergestellt. Bei dem Durchgang des elektrischen Stromes durch die auf den Axen des Fahrzeuges befindlichen Motoren werden diese in Umdrehung versetzt und das Fahrzeug fortbewegt. Die elektrische Arbeit der Dynamomaschine wird dabei wieder in mechanische Arbeit umgewandelt. Fig. 1 stellt diesen Vorgang schematisch dar.

Wenn nun auch nach dem Prinzip von der Erhaltung der Energie bei dem vorliegenden doppelten Umsetzungsprozess von der ursprünglich aufgewendeten mechanischen Arbeit nichts verloren geht, so ist dennoch die von dem Elektromotor geleistete Arbeit nicht gleich der aufgewendeten, weil bei jeder Umwandlung von Energie ein Teil in Wärme umgesetzt wird und als solche für den vorliegenden Bewegungszweck nicht verwertet werden kann. Die elektrischen Maschinen haben indes, wie durch zahlreiche Versuche festgestellt ist, einen ausserordentlich hohen Nutzeffekt, und zwar ist bei der Umsetzung von mechanischer Arbeit in elektrische Energie innerhalb der Dynamomaschine das Verhältnis der erzeugten Stromarbeit zur aufgewendeten mechanischen Arbeit 0,9. Ein gleiches Verhältnis findet wiederum bei der Umsetzung der elektrischen Arbeit in mechanische innerhalb des Elektromotors statt, so dass der gesamte Nutzeffekt oder das Verhältnis der gewonnenen Arbeit zu der ursprünglich aufgewendeten 0,90.0,9 = rot. 0,8 oder 80 % beträgt. Hiermit ist aber der Verlust an Arbeit noch nicht erschöpft; es tritt vielmehr noch derjenige Teil hinzu, welcher zur Erwärmung der Leitung aufgewendet wird. Diese Erwärmung ist proportional dem Quadrate der Stromstärke und dem Widerstande der Leitung. Bei gegebener Arbeitsgrösse muss daher die Spannung des Stromes möglichst hoch sein. Es kann angenommen werden, dass für Anlagen zum elektrischen Bahnbetriebe die Verhältnisse im allgemeinen sich so wählen lassen, dass der Arbeitsverlust durch die Leitungen nicht mehr als 10—15 % beträgt. Der gesamte Wirkungsgrad stellt sich demnach auf 65—70 %. Hiernach würde sich nun der elektrische Betrieb hinsichtlich des Brennmaterialaufwandes um 30—40 % teurer stellen als der jetzige Lokomotivbetrieb, vorausgesetzt, dass bei gleicher Nutzleistung die Betriebsleistung dieselbe wäre und die Ausnützung der Wärme auch bei den bewegten Lokomotiven in gleich günstiger Weise erfolgen könnte wie bei der feststehenden Maschinenanlage. Beide Voraussetzungen treffen indes nicht zu. Wie später noch weiter ausgeführt wird, ist bei der elektrischen Betriebsweise für die gleiche Nutzleistung ein wesentlich geringerer Arbeitsbedarf erforderlich als beim Lokomotivbetriebe. Derselbe wird um so geringer, je grösser die Geschwindigkeit und die Steigungen auf der befahrenen Bahnstrecke sind. Beispielsweise ist bei einer Geschwindigkeit von 80 km pro Stunde auf einer Steigung von 1 : 200 beim elektrischen Betriebe die erforderliche Zugarbeit nur annähernd halb so gross als beim Lokomotivbetriebe. Andererseits ist bei einer stehenden Dampfmaschinenanlage die Ausnützung der Wärme eine vorteilhaftere als auf der Lokomotive. Dies findet darin seine Begründung, dass erstere mit Kondensation und mehrstufiger Dampfdehnung arbeiten kann, während bei der mit dem Zuge bewegten Lokomotive die Kondensation ausgeschlossen ist. Ferner kann bei dem stehenden Dampfkessel die Temperatur der abziehenden Verbrennungsgase viel weiter abgekühlt werden als bei dem Lokomotivkessel. Nach den vorliegenden Erfahrungen erfordert die Lokomotive pro Pferdestärke einen stündlichen Kohlenaufwand von 1,5 kg, während bei gut ausgeführten stationären Dampfmaschinenanlagen mit Kondensation und Verbundwirkung nur 0,8 kg pro Pferdestärke nötig sind. Weiter ist der Aufwand von Arbeit für die Beförderung von Personen- und Schnellzügen, deren Geschwindigkeit zwischen 50 und 80 km pro Stunde liegt, bei elektrischem Betriebe im Mittel nur 62 % von demjenigen, welcher beim Lokomotivbetrieb unter sonst ganz gleichen Umständen erforderlich ist. Trotz des beim elektrischen Betriebe durch Umwandlung der Arbeitsformen und durch die Leitungen entstehenden Effektverlustes sind demnach die Kosten für Brennmaterial nicht unerheblich geringer als beim Lokomotivbetrieb.

Die für den elektrischen Bahnbetrieb zur Verwendung kommenden Elektromotoren sind die einfachsten aller Kraftmaschinen. Ihre Bewegung ist von vornherein eine drehende, wodurch die bei der Lokomotive erforderliche Umsetzung der geradlinigen Bewegung in die kreisförmige entfällt. Dieser Umstand

ist von besonderer Bedeutung, wenn man erwägt, dass gerade diese Umsetzung es ist, welche der Hauptsache nach die störenden Bewegungen der Lokomotive veranlasst und ihrer Geschwindigkeit verhältnismässig enge Grenzen setzt. Der elektrisch betriebene Motorwagen lässt daher eine weit grössere Geschwindigkeit zu, ohne die Sicherheit des Betriebes zu gefährden. An dem Elektromotor ist nur ein beweglicher Teil, nämlich der Anker, vorhanden. Vergleicht man damit den komplizirten Mechanismus der Dampfmaschine auf der Lokomotive, so ersieht man, dass die Unterhaltungskosten nur einen geringen Bruchteil von denjenigen betragen können, welche die Lokomotive beansprucht.

Je nach der Art des Stromes, welcher durch die Elektromotoren in mechanische Arbeit umgesetzt wird, lassen sich Gleichstrom-, Wechselstrom- und mehrphasige Wechselstrom-Maschinen unterscheiden. Für die Arbeitsübertragung kommen der Hauptsache nach nur die erste und dritte Gattung in Frage. Der Drehstrom ist indes erst eine Errungenschaft der neuesten Zeit, und es lässt sich heute noch nicht sagen, ob derselbe für den Eisenbahnbetrieb dem Gleichstrom den Vorrang streitig machen wird. Die Gleichstrommaschine entspricht den Anforderungen, welche für den Eisenbahnbetrieb gestellt werden können, in hohem Masse; es sollen daher die folgenden Erörterungen sich lediglich auf diese erstrecken.

Bezüglich der Regulirung gehören die Elektromotoren zu den vollkommensten Kraftmaschinen. Die Zugkraft, welche dieselben leisten können, wird ausgedrückt durch $Z = CMJ$, worin C eine Konstante, M den Magnetismus der Elektromagnete und J die Stromstärke bezeichnet. Bei den Lokomotiven ist entsprechend die Zugkraft $Z = p l d^2 : D$, wenn p den mittleren Dampfüberdruck im Cylinder, d den Kolbendurchmesser, l den Hub und D den Durchmesser des Triebrades bezeichnet. In dem letztgenannten Ausdruck ist nur p veränderlich; es kann daher die Regulirung bei der Lokomotive nur durch eine Veränderung des mittleren Dampfdruckes erfolgen. Dies geschieht bekanntlich dadurch, dass entweder der zugeleitete Dampf durch den sogen. Regulator entsprechend abgespannt oder, was wirtschaftlich richtiger ist, der mittlere Druck durch Veränderung des Expansionsgrades vergrössert oder vermindert wird. Wie aus der erstgenannten Formel für die Zugkraft hervorgeht, stehen bei der elektrischen Maschine zwei Grössen, nämlich der Magnetismus und die Stromstärke behufs Regulirung zur Verfügung. Die Stromstärke des Elektromotors ist nach dem Ohm'schen Gesetz $J = (V - V_g) : W$. Es bezeichnet darin V die Spannung des zugeführten Stromes, V_g die Gegenspannung (gegenelektromotorische Kraft), welche bei der Drehung des Ankers im magnetischen Felde entsteht, und W den Widerstand in den Anker- und Magnetschenkeln. Ferner ist $V_g = Mn\,C$, worin n die Tourenzahl, M den Magnetismus und C eine Konstante bezeichnet, welche von der Länge und dem Querschnitt der Drähte auf dem Anker und den Magnetschenkeln abhängt. — Es wird dabei bemerkt, dass für den Bahnbetrieb bis jetzt fast ausschliesslich die Magnetisirung der Schenkel in der Weise bewirkt wird, dass der gesamte zugeleitete Strom erst die Schenkel und dann die Ankerwickelung durchfliesst (Hauptstrommotoren). — Hiernach ist $n = (V - JW) : MC$ und kann somit die Regulirung der Geschwindigkeit in einfachster Weise dadurch bewirkt werden, dass man entweder den vorgenannten Widerstand durch Vorschaltung weiterer Widerstände den jeweilig zu erreichenden Umdrehungszahlen des Motors entsprechend vergrössert oder die Wickelung der Magnetschenkel in einzelne Spulen zerlegt und dieselben den verschiedenen Arbeitsanforderungen gemäss parallel oder hinter einander schaltet. Beide Anordnungen werden zurzeit mit fast gleich gutem Erfolge durchgeführt. Die erstere findet sich bei Ausführungen von Siemens & Halske, während die zweite, welche man nach seinem Erfinder als die Sprague'sche bezeichnet, von einer grossen Zahl anderer Firmen zur Anwendung gebracht wird. Gebräuchlich sind auch Kombinationen beider Systeme. Auch schaltet man bei der Sprague'schen Bauart beim Anfahren dem Motor gewöhnlich einen Widerstand vor, da sonst meist die Stromstärke zu gross wird, so lange die elektromotorische Gegenkraft keinen grossen Betrag erreicht hat. Die Umsteuerung wird bewirkt, indem man die Stromrichtung auf den Schenkel oder Ankerwickelung umkehrt. Dazu ist am Steuerapparat entweder eine zweite Regulirkurbel vorhanden oder es wird die Kurbel bei der Rückwärtsfahrt nach der entgegengesetzten Seite wie

bei der Vorwärtsfahrt von der Ruhestellung aus bewegt. Die Umsteuerung bietet gleichzeitig wie der Gegendampf der Lokomotive ein sehr wirksames Bremsmittel; man bedient sich desselben indes wegen der dabei auftretenden heftigen Funkenbildung und Stösse nur in Notfällen. Dieser Uebelstand lässt sich übrigens vermeiden, wenn man den Motor von der Stromzuleitung abschaltet und ihn durch einen besonderen Widerstand schliesst. Der Motor läuft dann als Stromerzeuger und setzt die lebendige Kraft des Fahrzeuges in Wärme um.

A. Bauart der elektrischen Betriebseinrichtung für Strassenbahnen.

Bei dem elektrischen Betriebe der Strassenbahnen sind bereits so weitgehende Erfahrungen gesammelt, dass hierfür die Bauart der elektrischen Betriebseinrichtungen bis in alle Einzelheiten einen hohen Grad der Vollkommenheit aufweist. In nachstehendem sollen diese Einrichtungen einer näheren Besprechung unter Anlehnung an einige der neuesten Ausführungen der Union Elektrizitätsgesellschaft unterzogen werden. Wir unterscheiden drei Hauptteile: 1. die Arbeitsstation (Kraftstation); 2. die Leitungsanlage; 3. die Motorwagen.

1. Die Arbeitsstation. Die Arbeitsstation dient zur Erzeugung des für den Betrieb erforderlichen Stromes. Mit Rücksicht auf den ausserordentlich

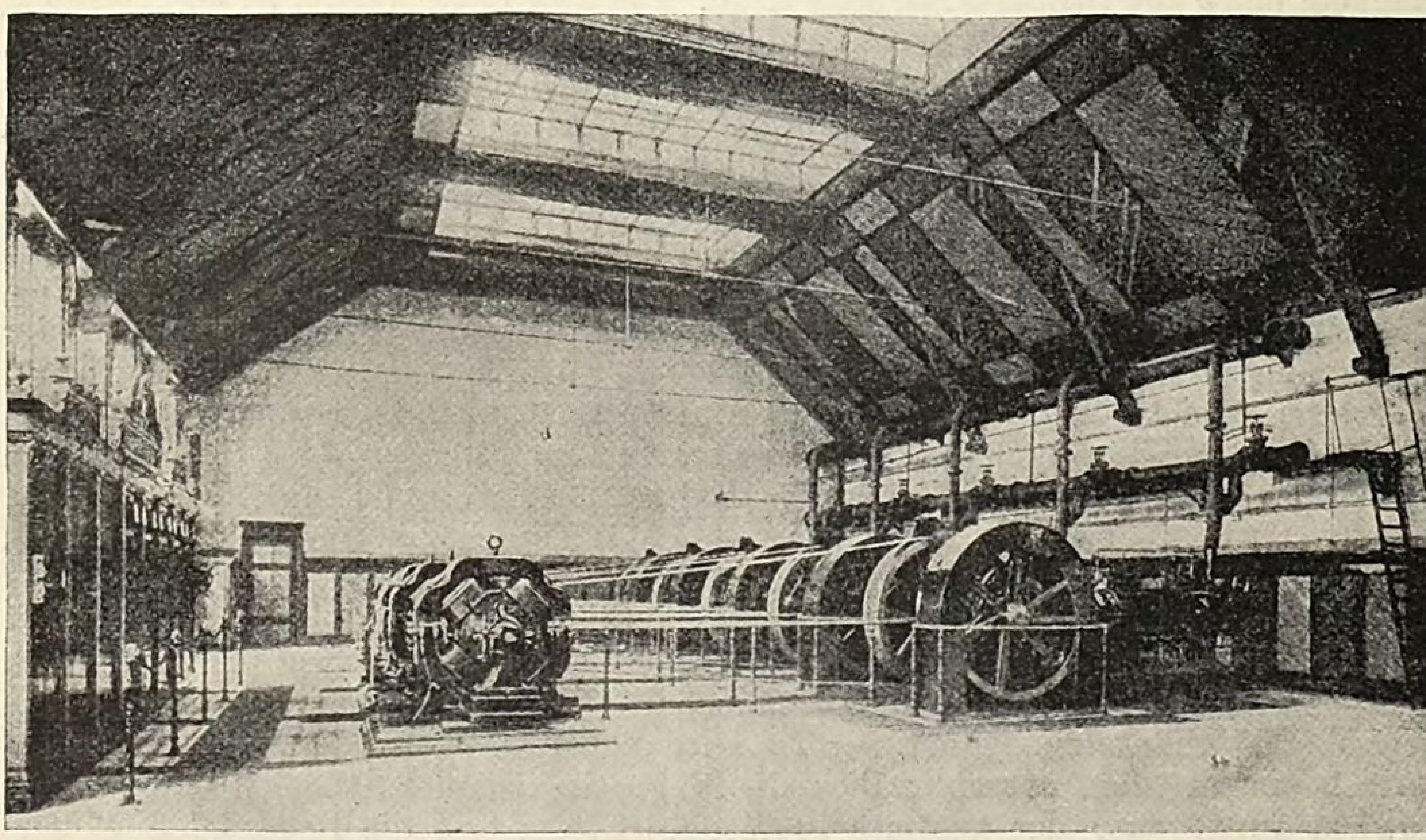


Fig. 2. Elektrische Arbeitsstation in Brüssel.

stark wechselnden Stromverbrauch, welcher durch das Anfahren der einzelnen Motorwagen sowie die wechselnden Widerstände der Wagen aus Anlass der verschiedenen Steigungen und Krümmungen der Bahn bedingt wird, muss auf die Regulirvorrichtungen der Kraftmaschinen grosse Sorgfalt verwendet werden. — Die für den Bahnbetrieb zur Anwendung gelangenden Gleichstromerzeuger (Dynamomaschinen) müssen gleichfalls wegen der stark schwankenden Belastung in allen Teilen eine sorgfältig durchgeführte Bauart besitzen; ihr Antrieb erfolgt entweder durch Riemenübersetzung oder direkte Kuppelung der Anker mit der Schwungradwelle der Dampfmaschine. Die Spannung des erzeugten Stromes wird fast ganz allgemein auf 500 bis 600 Volt bemessen und die Stromentnahme von dem Kollektor meistens durch Kohlenbürsten vermittelt. Zur Erhaltung einer möglichst gleichen Stromspannung werden häufig automatisch wirkende Stromregulirungseinrichtungen angewendet. Im übrigen sind die Arbeitsstationen mit den erforderlichen Schalteinrichtungen, Messapparaten u. s. w. ausgerüstet. Die Gesamteinrichtung einer Arbeitsstation ist in Fig. 2 dargestellt.

2. Die Leitungsanlage. Wie bereits erwähnt, wird der zur Fortbewegung der Fahrzeuge erforderliche Strom mittelst einer Leitung, welche an

die eine Polklemme des Stromerzeugers in der Arbeitsstation angeschlossen ist, zugeführt (vgl. Fig. 1). Es ist dies die sogen. Arbeits- oder Kontaktleitung. Der Uebergang des Stroms von der letzteren zu der einen Polklemme des Elektromotors am Motorwagen erfolgt durch einen in der Regel auf dem Wagendache angebrachten Kontaktapparat (Stromabnehmer), während die Rückleitung des Stroms von der zweiten Polklemme des Elektromotors nach dem zweiten Pol des Stromerzeugers in der Arbeitsstation durch die angetriebene Axe, sowie deren Räder und die Fahrschiene erfolgt. Nur in Ausnahmefällen und zwar bei unterirdischer Stromzuführung wird zur Rückleitung statt der Fahrschiene eine besondere Leitung verwendet.

Bei ausgedehnten Bahnnetzen bezw. längeren Bahnstrecken kommt ausser der Kontaktleitung noch eine besondere Speiseleitung zur Anwendung. — Die Kontaktleitung wird meistens in einer Höhe von $5^1/_2$—6 m über der Mitte des Gleises ausgespannt. Je nach den örtlichen Verhältnissen kann die Art der Aufhängung eine verschiedene sein. Liegt das Gleis in der Mitte der Strasse, so wird die Kontaktleitung mittelst Isolatoren an Querdrähten aufgehängt, welche quer über die Strasse zwischen Masten auf jeder Seite derselben ausgespannt sind. In engeren Strassen kommen an Stelle der Masten Rosetten, welche an den Häusern befestigt werden, zur Verwendung. In besonders breiten Strassen, in denen doppeltes Gleis in der Mitte liegt, wendet man unter Umständen auch die sogen. „Doppelarmaufhängung“ an; bei dieser wird die Kontaktleitung von Masten mit doppelten symmetrischen Armauslegern getragen.

In erster Linie wird zur Herstellung der Kontaktleitung ein hartgezogener, blanker Kupferdraht bis zu 8 mm Durchmesser benützt. Es wird dabei eine sehr gute Führung der Kontaktrolle erzielt und die Möglichkeit eines Bruches der Leitung nahezu ausgeschlossen, da nach den angestellten Versuchen der Draht erst bei dem $4^1/_2$—5fachen Betrage der normalen Beanspruchung reisst. An den Abzweigstellen der Bahnen kommen sogen. Luftweichen zur Anwendung. Die Kurven werden derartig gespannt, dass einerseits die Kontaktrolle keine scharfen Ecken zu passiren braucht und andererseits das Reissen eines Spanndrahtes niemals eine Betriebsstörung hervorrufen kann. Besondere Sorgfalt muss auf die Isolation der Kontaktleitung verwendet werden und kommt dementsprechend meistens eine doppelte Isolirung zur Anwendung und zwar einmal am Aufhängepunkt selbst, das zweitemal an den beiden Befestigungspunkten des den Isolator tragenden Querdrahtes. — Längs der Leitung sind zum Schutze derselben in entsprechenden Abständen Blitzschutzvorrichtungen mit magnetischer Funkenlöschung an den Masten angebracht. — Die oberirdische Kontaktleitung elektrischer Strassenbahnanlagen wird in verkehrsreichen Stadtteilen nicht als eine ununterbrochene Strecke angelegt, sondern dieselbe besteht aus einzelnen, etwa 500 m langen Abteilungen, welche durch die sogen. Abteilungsisolatoren von einander getrennt sind. Durch entsprechende Verbindung der Enden der so entstehenden Leitungsabschnitte mit Ausschaltern, welche unter gewöhnlichen Umständen geschlossen sind, stehen dieselben direkt mit einander in Verbindung, so dass der elektrische Strom ungehindert die ganze Leitung durchlaufen kann. An jedem Ende eines Streckenteils der Leitung befindet sich ein Ausschalter, durch dessen Oeffnen jeweils der entsprechende Streckenteil stromlos gemacht werden kann. Die Ausschalter werden in kleinen verschliessbaren Kasten an den Masten oder an den Häusern angebracht.

Bei längeren Strassenbahnlinien und starkem Verkehr wird der zum Betrieb dienende Strom mittelst sogen. Speiseleitungen der Kontaktleitung zugeführt. Die Stärke der letzteren bleibt demnach bei jeder Ausdehnung der Linie und bei noch so grosser Zahl der verkehrenden Wagen stets die gleiche. Bei Verwendung besonderer Speiseleitungen kann man ausserdem das Bahnnetz in mehrere von einander unabhängige Strecken teilen und so verhindern, dass lokale Betriebsstösungen auf einer Strecke den Betrieb auf den übrigen Linien beeinflussen. Die Speiseleitungen können oberirdisch oder auch unterirdisch als Bleikabel verlegt werden. — Die Rückleitung des elektrischen Stroms zur

Arbeitsstation, nachdem derselbe die Motoren des Wagens durchlaufen hat, erfolgt, wie bereits erwähnt, mittelst der in geeigneter Weise gut leitend mit einander verbundenen Fahrschienen.

Die Leitungsfähigkeit der Schienen allein reicht in den meisten Fällen aus, um einen zu grossen Spannungsverlust in der Stromrückleitung zu verhüten, vorausgesetzt, dass der Uebergangswiderstand an den Stössen so klein als möglich gemacht wird. Man verbindet deshalb die Schienen unter sich mittelst verzinnter, doppelter Kupferbügel von etwa 5 qmm Querschnitt. — In vereinzelten Fällen kommen auch unterirdische Leitungen zur Ausführung. Die Anlagekosten derselben sind indes gegenüber den vorstehend beschriebenen Leitungen so bedeutend, dass dieselben nur eine beschränkte Anwendung finden können.

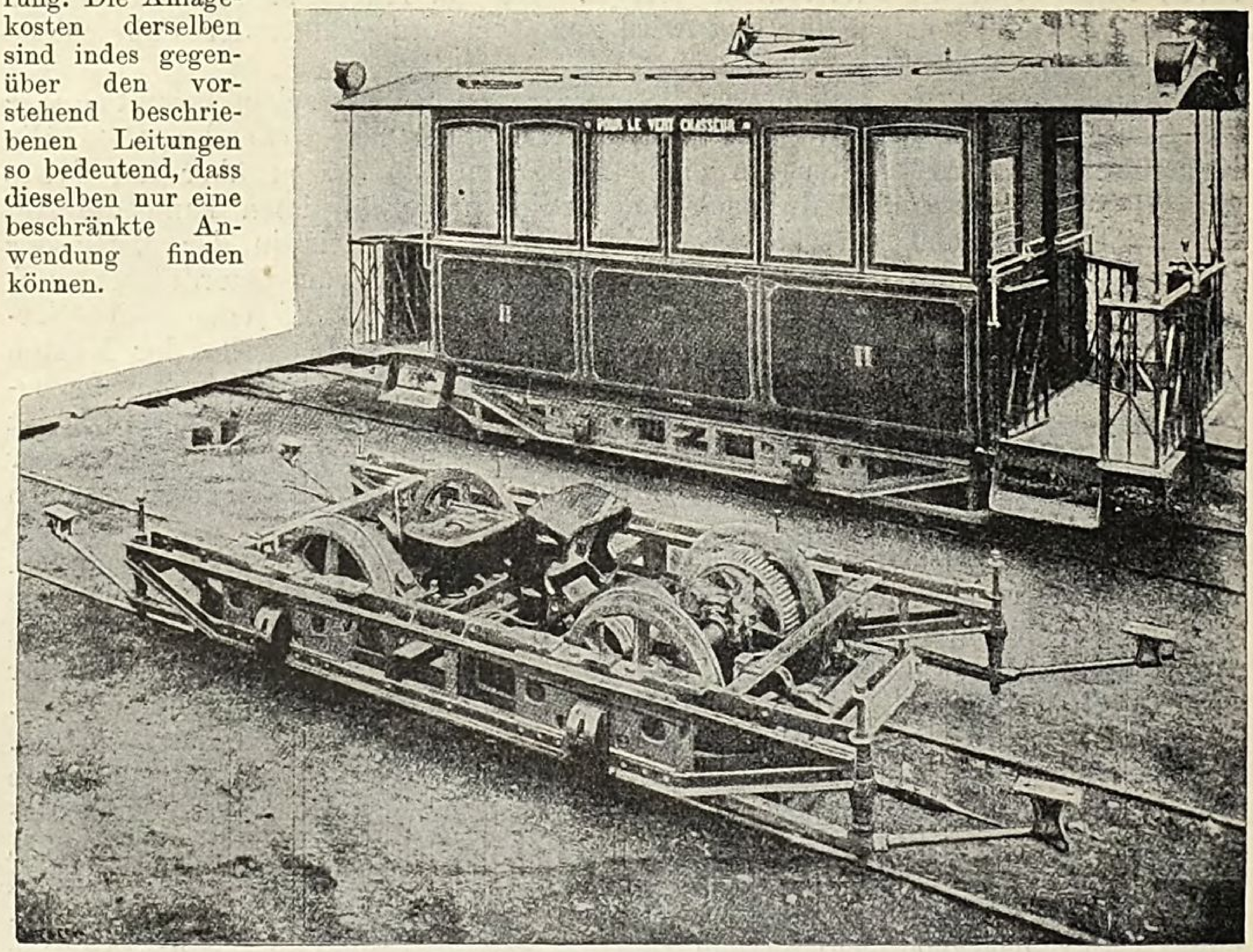


Fig. 3. Motorwagen und Untergestell.

3. Die Motorwagen. Das Obergestell der Motorwagen (vgl. Fig. 3) unterscheidet sich von gewöhnlichen Pferdebahnwagen nur durch die elektrische Ausrüstung, welche aus dem Kontakt- oder Stromabnahmeapparat, der Regulir- und Steuervorrichtung, der elektrischen Beleuchtungs-, eventuell auch Heizungseinrichtung und verschiedenen Kabelleitungen besteht. In vielen Fällen, bei denen es sich um Abänderung einer bestehenden Pferdebahn für elektrischen Betrieb handelt, werden die vorhandenen Wagenkasten auf den neuen Untergestellen angebracht. Es ist dann allerdings nötig, das Dach derselben zum Tragen des Kontaktapparates etwas zu verstärken und im Fussboden Klappen anzubringen, welche Zugang zu den Motoren gewähren. — Die Kontaktvorrichtung besteht aus einem hohlen, leichten Arm, welcher am oberen Ende die Kontaktrolle trägt. Am Fusse des Armes ist eine federnde Hebelvorrichtung angebracht, durch welche die Rolle stets mit gleichbleibender Kraft von unten gegen die Kontaktleitung angedrückt wird.

Die Steuerungs- bezw. Regulirungsvorrichtung, wie solche von der Union E.-G. ausgeführt wird, stellt sich im geschlossenen Zustand als ein nur wenig Platz einnehmender Kasten dar, welcher auf jedem Perron des Wagens neben dem Führerstand untergebracht ist. Durch Drehung einer Hauptkurbel werden die Schalter bethätigt, welche zur Regulirung der Geschwindigkeit des Wagens dienen, während mittelst einer zweiten Kurbel die Fahrrichtung durch Umkehrung des Stromes umgesteuert wird. Der Wagenführer kann beide Kurbeln bequem mit der Linken handhaben, so dass er die Rechte stets für die Bremse frei hat.

Das Stehenbleiben der Schalter in falschen Mittelstellungen ist durch Anwendung geeigneter, federnder Klinken verhindert. Die Bildung von Lichtbogen an den Kontaktstellen wird durch eine magnetische Ausblasevorrichtung, Bauart Thomson, beseitigt. Bei kleineren und mittleren Wagen, auf mässigen Steigungen, wird nur eine der beiden Axen angetrieben und die Abstufung der Fahrgeschwindigkeit durch Vorschalten geeigneter feuersicherer Widerstände, welche unter dem Boden des Wagenkastens angebracht sind, erreicht. Da dies vor allem beim Anfahren der Fall ist, so kommen bei richtiger Wahl der Motorwickelung jene Widerstände nur ganz kurze Zeit in Anwendung und fallen die Arbeitsverluste sehr gering aus. Bei Anwendung von zwei Motoren für grössere Wagen oder bedeutendere Steigungen werden die beiden Motoren eines Wagens beim Anlaufen und langsamer Fahrt hinter einander, zur Erzielung der vollen Geschwindigkeit jedoch parallel geschaltet. Die Anwendung von Widerständen ist dadurch auf ein geringes Mass beschränkt.

Die elektrische Wagenausrüstung umfasst ferner die Beleuchtung durch fünf sechzehnkerzige Glühlampen, die Anordnung von Notausschaltern und Bleisicherungen, sowie der Blitzschutzvorrichtungen mit selbstthätiger Funkenlöschung.

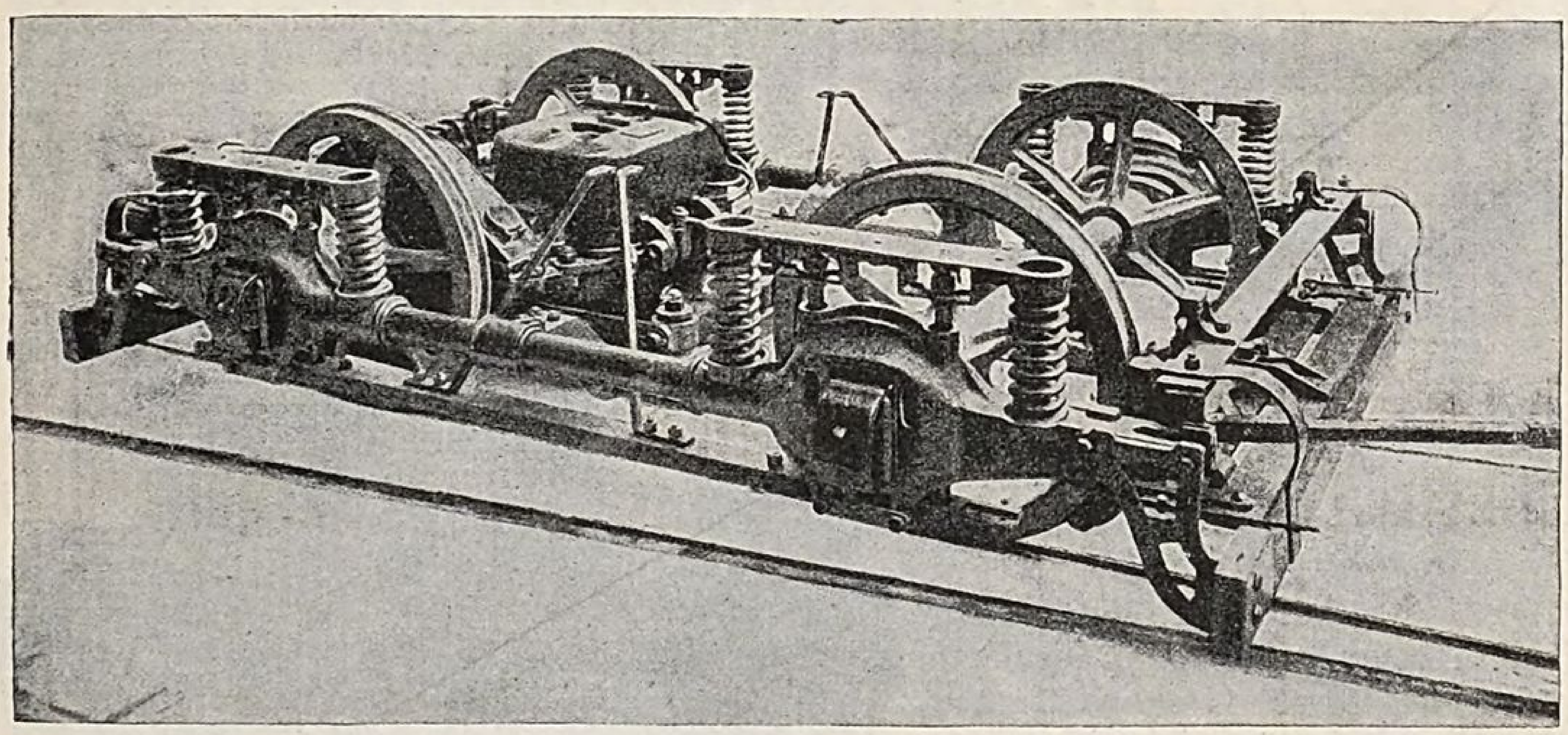


Fig. 4. Untergestell.

Elektrische Heizapparate kommen nur bei Wagen, welche lange Aussenstrecken befahren und in denen demgemäss eine gleichmässige Temperatur leicht aufrecht erhalten werden kann, in Betracht. Bei regem Verkehr im Innern der Städte und oft wechselnder Besetzung der Wagen ist die Heizung derselben überhaupt von fraglichem Wert. Jedenfalls hat die elektrische Heizung, wenn auch nicht immer den Vorzug der Billigkeit, so doch den der einfachen Handhabung und Regulirfähigkeit, sowie den einer Reinlichkeit und Dauerhaftigkeit im Betriebe, welchen jedes andere Heizungssystem entbehrt. Die vier unauffällig unter den Sitzen angebrachten elektrischen Heizkörper verbreiten eine angenehme und gleichmässige Wärme, Vorzüge, welche in vielen Fällen die etwas höheren Betriebskosten mit in den Kauf nehmen lassen.

Die hauptsächlichsten Anforderungen, welche an das Untergestell eines elektrischen Motorwagens gestellt werden, sind grosse Stabilität und Festigkeit bei möglichster Einfachheit des Aufbaues und Vermeidung vieler Verschraubungen und Vernietungen, welche die Ursache zahlreicher Reparaturen werden können.

In Fig. 3 und 4 sind zwei Bauarten der Union E.-G. dargestellt. Die verschiedenartigen Konstruktionen sind mehr oder weniger durch die Grösse der aufzusetzenden Wagenkasten und die Bauart der Federung bedingt. Die Längsträger liegen mittelst Federn auf den Axkasten. Die Wagenkasten selbst ruhen mit Hilfe von Spiral- oder Evolutfedern auf dem Untergestelle. Zum Schutz der Räder sind geeignete Vorrichtungen an den Untergestellen getroffen, welche aus den Abbildungen ersichtlich sind. Neuerdings werden auch Schutzvorrichtungen gegen das Ueberfahrenwerden an Wagenenden angewendet.

Das Mehrgewicht eines elektrischen Strassenbahnwagens gegenüber einem durch tierische Arbeit bewegten bedingt die Verwendung einer diesem Mehrgewicht entsprechenden kräftigen Handbremse. Das Uebersetzungsverhältnis wird im allgemeinen so gewählt, dass der Führer einen so grossen Bremsdruck ausüben kann, um die Räder annähernd zum Stillstand zu bringen. Ausserdem

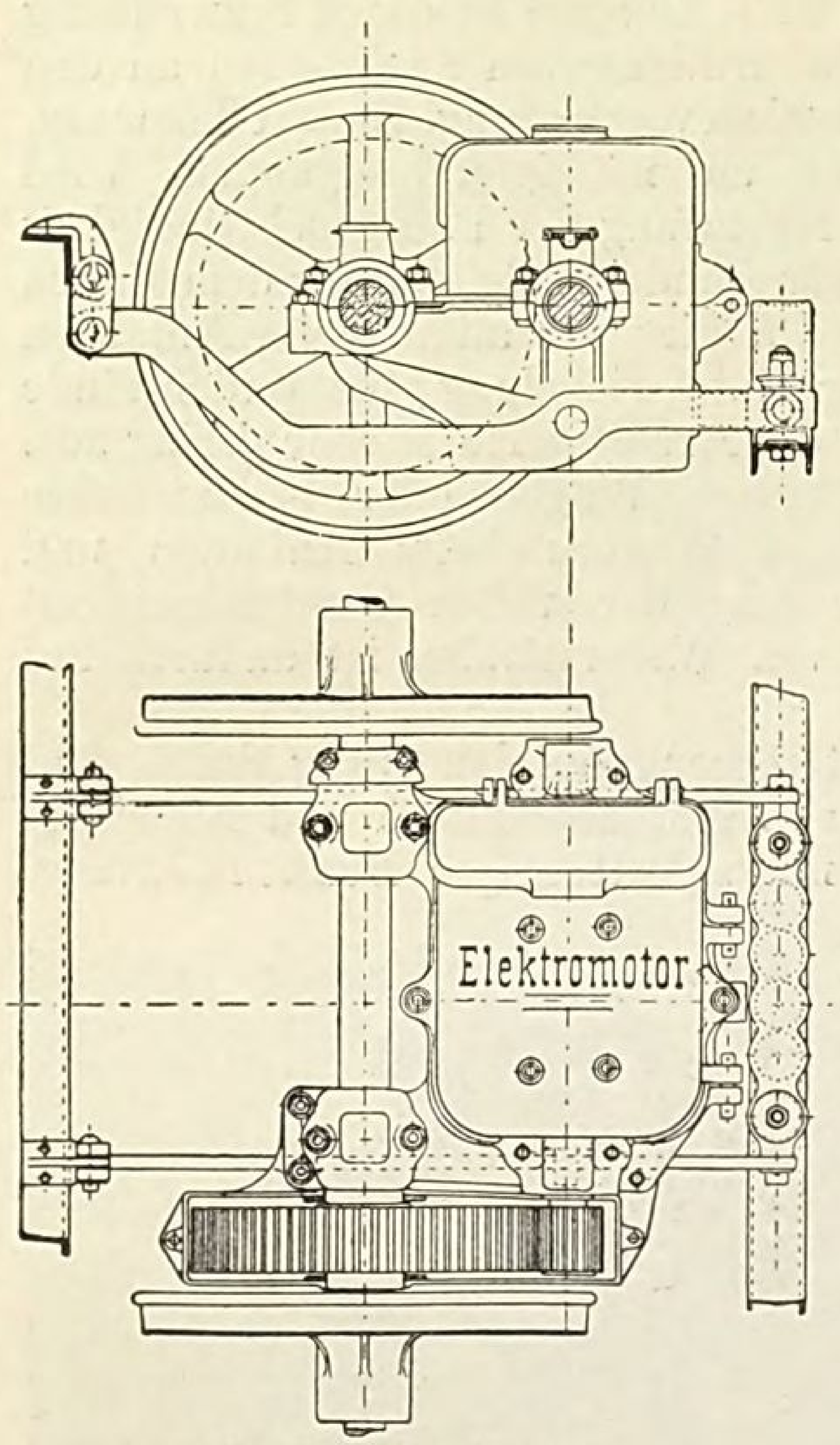


Fig. 5. Uebersetzung.

steht dem Führer die elektrische Bremsung in oben beschriebener Weise zur Verfügung.

Fast allgemein wird jetzt der Antrieb der Wagenaxen von dem Elektromotor aus durch ein einfaches Stirnradvorgelege mit Uebersetzungsverhältnissen von 1:4 bis 1:6 durchgeführt.

Der Elektromotor wird dabei, wie aus Fig. 5 hervorgeht, neben der zu betreibenden Wagenaxe gelagert. Der Motor selbst ist im allgemeinen derartig gebaut, dass das Magnetsystem ein den Anker und die Magnetspulen vollständig umschliessendes Gehäuse bildet. Letzteres ist aufklappbar, um eine bequeme Revision des Motors zu ermöglichen (vgl. Fig. 6). Auch das Vorgelege wird von einem gut schliessenden Gehäuse eingefasst. Zur Stromzuführung werden allgemein Kohlenbürsten verwendet. Die Umdrehungszahl beträgt bei der normalen Geschwindigkeit der zu betreibenden Wagen im allgemeinen 500—600 pro Minute, während die durchschnittliche Leistung der Motore in der Regel zu 20 PS. angenommen wird.

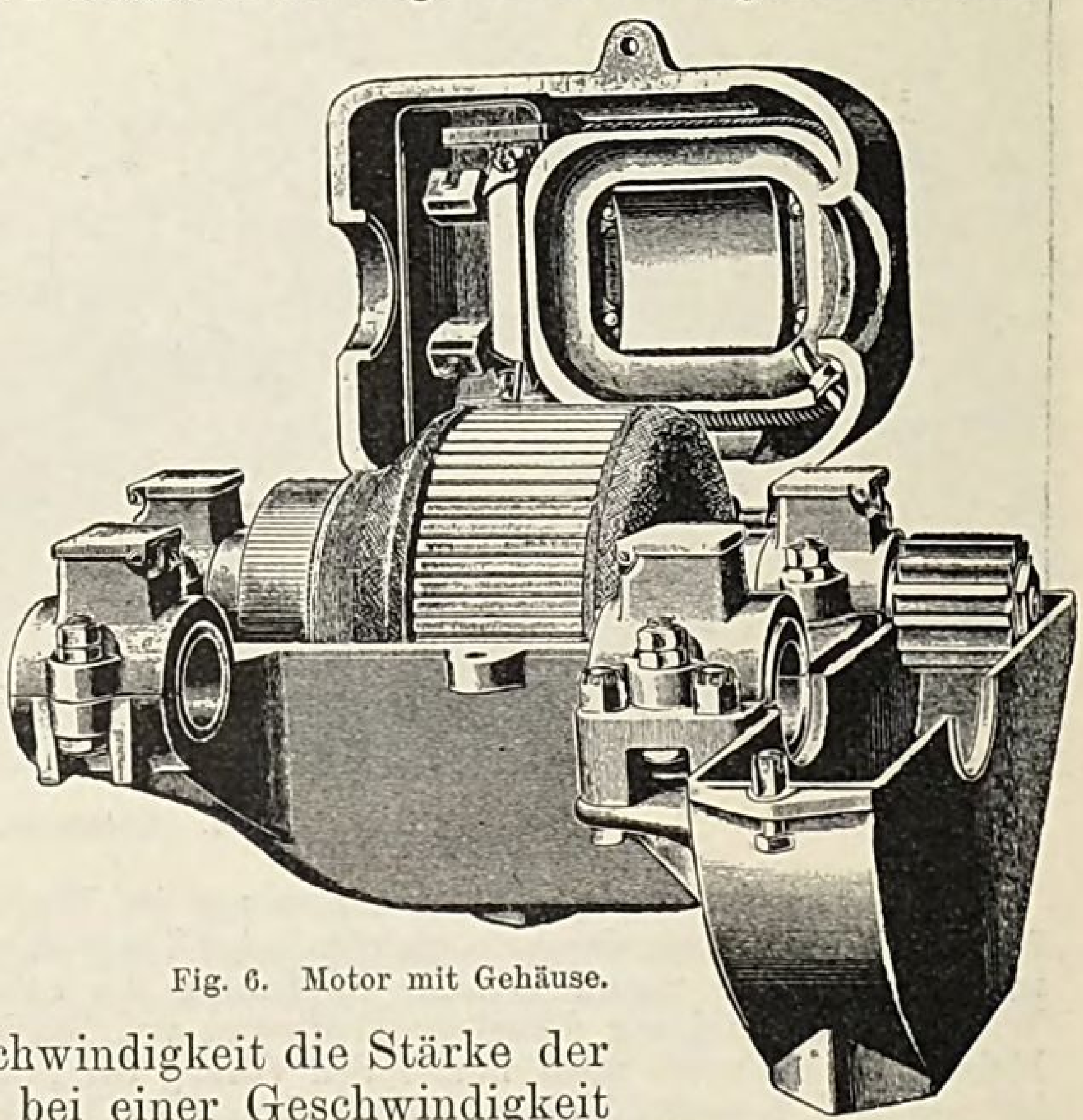


Fig. 6. Motor mit Gehäuse.

B. Elektrischer Betrieb der Hauptbahnen.

Gegenüber den immer mehr hervortretenden Anforderungen nach grösserer Geschwindigkeit der Eisenbahnzüge ist die gegenwärtige Beförderung mittelst Lokomotiven, die ihren Kohlen- und Wasservorrat mitführen müssen, insofern ausserordentlich unvorteilhaft, als mit zunehmender Geschwindigkeit die Stärke der Züge schnell abnimmt und schon bei einer Geschwindigkeit von 80—90 km sowie bei mittleren Steigungen von 1:200 das Gewicht von Lokomotive nebst Tender fast ebenso gross ausfällt als die zu befördernde Last.

So kann z. B. eine Normal-Personenzuglokomotive auf einer Steigung von 1:200 bei 80 km Geschwindigkeit nur noch ein Zuggewicht von 60 t befördern, während das Gewicht von Lokomotive nebst Tender bereits 64,5 t beträgt. Die tote Last, welche somit mitzuschleppen ist, macht den Betrieb ausserordentlich kostspielig.

Erfolgt die Beförderung solcher Züge durch elektrische Energie, so entfällt diese Last fast vollständig, indem die elektrischen Motoren direkt an einem der zu befördernden Wagen untergebracht werden und das Gewicht dieses Wagens somit nur um das verhältnismässig geringe Gewicht der Motoren erhöht wird. Dieses Gewicht wird im allgemeinen bei Schnell- und Personenzügen 10 t nicht überschreiten. Zur Erläuterung dieser Verhältnisse mögen nachstehende Bemerkungen dienen. Die Beförderung eines Zuges von 60 t Gewicht bei einer Geschwindigkeit von 80 km pro Stunde auf einer Steigung von 1:200 erfordert:

1. für die Wagen . . $\frac{60.(9+5).22,2}{75} = 248$ PS.

2. für den Tender . $\frac{27,5.(9+5).22,2}{75} = 114$ PS.

3. für die Lokomotive $\frac{37.(12+5).22,2}{75} = 186$ PS.,

also in Summa 548 PS., während für die Beförderung des gleichen Zuggewichts auf elektrischem

Wege nur $\frac{(60+10)\ (9+5)\ 22{,}2}{75} =$ rot. 290 PS. erforderlich sind. Es beträgt demnach die Arbeit bei elektrischem Betriebe nur $\frac{290 \cdot 100}{548} = 52\,\%$ des Lokomotivbetriebes.

Für kleinere Geschwindigkeiten, beispielsweise bei 50 km, wie sie durchschnittlich für Personenzüge zur Anwendung gelangt, und bei einer Steigung von 1 : 200 stellt sich die Arbeit des Lokomotivbetriebes bei Anwendung einer Normal-Personenzuglokomotive wie folgt:

1. Zur Beförderung der Wagen . . . $\frac{160 \cdot (6+5)\ 13{,}9}{75} = 326$ PS.
2. Zur Beförderung des Tenders . . $\frac{27{,}5 \cdot (6+5)\ 13{,}9}{75} = 56$ PS.
3. Zur Beförderung der Lokomotive . $\frac{37 \cdot (12+5)\ 13{,}9}{75} = 116$ PS.

Zus. . . 498 PS.

Bei dem elektrischen Betrieb ist unter gleichen Verhältnissen die Arbeit nur $\frac{(160+10)\ (6+5)\ 13{,}9}{75} = 346$ PS. Der elektrische Betrieb erfordert daher nur $\frac{346}{498} \cdot 100 =$ rot. 70 % des Lokomotivbetriebes. Im Mittel ergibt sich demnach für die Beförderung von Schnell- und Personenzügen die Arbeit des elektrischen Betriebes zu $\frac{52+70}{2} =$ rot. 61 % von derjenigen des Lokomotivbetriebes. Ausser diesem erheblichen Minderaufwand an Betriebsarbeiten treten aber noch weitere erhebliche Ersparnisse in den Betriebskosten auf.

Um einen Vergleich der Zugförderungskosten bei elektrischem Betriebe im Verhältnis zu demjenigen bei dem gegenwärtigen Lokomotivbetriebe zu ziehen, mögen daher noch folgende Angaben hinzugefügt werden. Im grossen Durchschnitt ergeben sich die Kosten des Lokomotivbetriebes für 1000 Zugkilometer wie folgt:

1. Unterhaltung, Ergänzung und Erneuerung der einzelnen Teile der Lokomotive	95 ℳ
2. Brennmaterial	102 „
3. Putz-, Schmier- und Verpackungsmaterial	11 „
4. Wasserförderung	10 „
5. Verzinsung des Anlagekapitals der Lokomotive	50 „
6. Amortisation des Anlagekapitals für die Lokomotive	32 „
7. Kilometergelder und Prämien	10 „
8. Gehälter der Lokomotivbeamten	110 „
Zus. . .	420 ℳ

Die zu 1 genannten Kosten werden sich bei dem elektrischen Betriebe mit Rücksicht auf die ausserordentlich einfache Konstruktion der Dynamomaschine und die verhältnismässig niedrigeren Unterhaltungskosten stehender Dampfmaschinen auf höchstens 50 ℳ belaufen. Die Kosten zu 2 stellen sich, wie vorhin ermittelt, auf $0{,}61 \cdot 102 =$ rund 52 ℳ. Für die Kosten zu 3 sind höchstens 5 ℳ anzusetzen, während diejenigen zu 4 in gleicher Höhe wie beim Lokomotivbetrieb veranschlagt werden können. Die zu 5 angegebenen Kosten werden zwar wesentlich niedriger ausfallen als beim Lokomotivbetrieb; es lassen sich indessen darüber zunächst zuverlässige Angaben nicht machen und mögen dieselben daher in gleicher Höhe eingeführt werden, desgleichen auch die Kosten zu 6 und 7. Dagegen werden die Kosten zu 8 höchstens mit 70 ℳ zu veranschlagen sein. Es ergeben sich somit die Gesamtkosten des elektrischen Betriebes für 1000 Zugkilometer:

1. Unterhaltung, Ergänzung und Erneuerung der Elektromotoren Dynamomaschinen und stehenden Dampfmaschinen	50 ℳ
2. Feuerung für die stehenden Dampfmaschinen	62 „
3. Putz-, Schmier- und Verpackungsmaterial	5 „
4. Wasserförderung	10 „
5. Verzinsung des Anlagekapitals	30 „
6. Amortisation des Anlagekapitals	32 „
7. Kilometergelder und Prämien	10 „
8. Gehälter der Maschinenwärter der stehenden Dampfmaschinen und der Zugführer der Motorwagen	70 „
Zus. . .	289 ℳ

Die Kosten für die elektrische Zugförderung betragen demnach überschläglich nur $\frac{289}{420} \cdot 100 =$ rot. 69 % der jetzigen. Hierzu kommen allerdings noch die Unterhaltungskosten, sowie die Verzinsung und Amortisation des Anlagekapitals der Leitungsanlage. Man kann annehmen, dass die Leitungen für zwei Gleise aus Eisen pro Kilometer für den Betrag von 10 000 ℳ herzustellen sind.

Verkehren auf einer elektrisch betriebenen Bahn in jeder Richtung täglich 15 Züge, so würden auf Verzinsung des Anlagekapitals der Leitungen bei 4 % auf 1000 Lokomotivkilometer 11 ℳ entfallen. Bei der angenommenen Ausführung der Leitungen wird deren Dauer mit Rücksicht auf die geringe Inanspruchnahme durch die Schleifräder bezw. Schleifkontakte eine verhältnismässig hohe sein und der Tilgungs- und Unterhaltungsbetrag für 1000 Zugkilometer sich höchstens auf 4 ℳ belaufen. Es würden demnach unter Hinzurechnung dieses Betrages die Kosten der elektrischen Zugförderung sich zu $289 + 15 = 304$ ℳ ergeben und somit nur

$\frac{304}{420} \cdot 100 = 72\,\%$ der jetzigen Betriebskosten erreichen. Es darf angenommen werden, dass diese wirtschaftlichen Vorteile in erster Reihe dazu beitragen werden, die elektrische Betriebsweise auf Hauptbahnen zur Einführung zu bringen. Aber abgesehen hiervon bietet der elektrische Betrieb für die Hauptbahnen weitere sehr beträchtliche Vorteile. Zunächst wird die Unterhaltung des Oberbaues eine wesentlich billigere sein, weil einerseits die störenden Bewegungen der Lokomotive ganz in Fortfall kommen und andererseits die Belastung pro Axe eine geringere ist. Die Belastung der Lokomotivaxen beträgt bei schweren Lokomotiven z. Z. 14 t, während die elektrischen Motorwagen höchstens eine Belastung von 10 t erhalten werden. Es kann daher von der zurzeit in Erwägung gezogenen weiteren Verstärkung des Oberbaues Abstand genommen werden und ist man zu der Annahme berechtigt, dass allein schon durch die geringeren Unterhaltungskosten des Oberbaues die Kosten für Herstellung und Unterhaltung der Stromleitungen vollständig gedeckt werden.

Ein zweiter ganz erheblicher Vorteil der elektrischen Betriebsweise liegt darin, dass dieselbe in einfachster Weise eine Erhöhung der Leistung in den Steigungen zulässt, so dass die Züge in unverminderter Geschwindigkeit über dieselben befördert werden können, während beim Lokomotivbetriebe in den längeren Steigungen die Geschwindigkeit der vermehrten Arbeitsleistung entsprechend vermindert werden muss, wenn man die kostspielige Heranziehung von Vorspannmaschinen vermeiden will. Es ist dadurch auch ein Mittel gegeben, die Durchschnittsgeschwindigkeit ganz erheblich zu steigern. Man kann die jetzt angewendete Maximalgeschwindigkeit von 90 km unbedenklich auf mindestens 120 km erhöhen, ohne die gegenwärtig bei 90 km vorhandene Betriebssicherheit zu verringern.

Ferner ist zu erwähnen, dass der elektrische Betrieb berufen erscheint, die gerade jetzt wieder in den Vordergrund getretene Bremsfrage in einfachster Weise zu lösen. Das Bremsen des Motorwagens und auch der im Zuge befindlichen Wagen, deren Axen mit Elektromotoren ausgerüstet sind, kann, wie bereits erwähnt, in einfachster Weise erfolgen, indem der Strom, welcher die Elektromotoren bewegt, ausgeschaltet und dafür ein mit ausreichendem Widerstande versehener Stromkreis eingeschaltet wird. Andererseits kann durch Umkehrung der Stromrichtung ein kräftiges Bremsen herbeigeführt werden. Auch die Beleuchtung der Züge findet beim elektrischen Betriebe ihre einfachste Lösung.

Ueber den Bau der elektrischen Betriebseinrichtung für Hauptbahnen lassen sich hinsichtlich der Einzelheiten zurzeit noch keine bestimmten Normen angeben. Es mögen daher nur einige allgemeine Erörterungen Aufnahme finden. Die Arbeitsstationen werden der Hauptsache nach in ähnlicher Weise zur Ausführung kommen wie diejenigen der Strassenbahnen. Selbstverständlich müssen dieselben eine wesentlich erhöhte Arbeitsleistung entwickeln können. Die Stromspannung in der Kontaktleitung wird mit Rücksicht auf Vermeidung von gefährlichen Verletzungen der mit Bedienung und Unterhaltung der elektrischen Einrichtungen betrauten Beamten und Arbeiter im allgemeinen die bei den Strassenbahnen eingehaltenen Grenzen von 500—600 Volt nicht überschreiten dürfen. Nur in den Speiseleitungen dürfte im allgemeinen aus Anlass der grossen Entfernungen, um die es sich hier meistens handelt, die Spannung wesentlich erhöht werden müssen. Auch kann angenommen werden, dass es sich vielfach aus wirtschaftlichen Gründen empfehlen wird, in den Speiseleitungen hochgespannten Drehstrom zu verwenden und denselben vor Eintritt in die Kontaktleitung in Gleichstrom von 500—600 Volt umzusetzen. Zu den Stromleitungen wird in erster Reihe eine Anordnung ins Auge zu fassen sein, bei der über oder neben der Axe eines jeden Gleises die Zuleitung angelegt und die Fahrschienen als Rückleitung benützt werden. Zu der Zuleitung, welche eine gewisse Stabilität besitzen muss, werden zweckmässig ausrangirte Schienen zur Verwendung gelangen können, gegen deren Fuss die Schleifrolle der Kontaktvorrichtung des Motorwagens gedrückt wird.

In Betreff der Anordnung der Elektromotoren ist zu bemerken, dass mit Rücksicht auf die vorliegende Geschwindigkeit eine direkte Bewegungsübertragung auf die Axe ohne Zwischenvorgelege möglich erscheint und dieselben daher auf den Lagern der betreffenden Wagenaxen montirt werden können. Die Anzahl der Elektromotoren an einem Motorwagen wird im allgemeinen so einzurichten sein, dass sämtliche Axen des Motorwagens damit ausgerüstet werden, so dass die gesamte Belastung des Motorwagens als Adhäsionsgewicht herangezogen werden kann. Diese Anordnung ermöglicht gleichzeitig durch Ausschalten einzelner Elektromotoren die erforderliche Arbeit nach Belieben zu reguliren.

Wenngleich nun auch schon seit längerer Zeit die Einführung des elektrischen Betriebes für Hauptbahnen in Anregung gekommen ist, so hat doch die Angelegenheit in Deutschland bis jetzt keine weiteren Fortschritte gemacht [1].

Der Grund dafür ist hauptsächlich darin zu suchen, dass die Einsicht über die wirtschaftlichen Vorzüge des elektrischen Betriebes gegenüber dem Lokomotivbetrieb bisher noch nicht in weitere Kreise gedrungen ist. Die sonstigen vorstehend aufgeführten Vorteile in betriebstechnischer Beziehung sind zwar bereits viel allgemeiner anerkannt, aber diese allein können eine Entscheidung über den hochbedeutsamen Uebergang zur elektrischen Betriebsweise nicht herbeiführen. In neuester Zeit beginnt indes die Einsicht der höheren Wirtschaftlichkeit der elektrischen Zugförderung auf den Haupteisenbahnen festeren Boden zu gewinnen und ist augenblicklich bereits in Deutschland von einer Bahnverwaltung die versuchsweise Einführung des elektrischen Betriebes auf einer 12 km langen Strecke in Aussicht genommen. In Amerika sind vor kurzem schon einzelne Hauptbahnen mit elektrischer Betriebseinrichtung ausgerüstet und möge eine davon, und zwar die elektrische Hochbahn in Chicago, nachstehend noch kurze Erwähnung finden.

Die elektrische Hochbahn in Chicago (Metropolitan West Side Elevated Railway), welche in ihrem gegenwärtigen Ausbau auf einer Strecke von rund 10 km durch die dichtest bevölkerten Teile des nordwestlichen Viertels von Chicago geht, wird nach ihrer Vollendung rund 30 km Betriebslänge aufweisen. Sie besteht aus der ca. 3 km langen Hauptlinie, welche viergleisig angelegt ist, und vier zweigleisigen Abzweigungen. Auf diesem Netze mit insgesamt 43 Stationen wird gegenwärtig mit einer Geschwindigkeit von 24 km pro Stunde, inkl. aller Aufenthalte, gefahren und sollen demnächst auf der Hauptstrecke Expresszüge mit einer Fahrgeschwindigkeit von 65 km pro Stunde laufen. Der gegenwärtige Verkehr umfasst 14 in 5 Minuten Zugfolge verkehrende Züge, deren jeder aus einem Motorwagen und 3 Anhängewagen besteht. Nach erfolgtem Ausbau des Netzes werden im ganzen 55 Motorwagen und eine entsprechende Anzahl von Anhängewagen zur Verfügung stehen, deren 5 einem Motorwagen angehängt werden sollen. Die 32 t schweren Motorwagen, welche je 48 Personen fassen, haben $13\frac{1}{2}$ m Länge und ruhen auf 2 zweiaxigen Drehgestellen, wovon vorläufig das eine mit je 2 Stück hundertpferdigen Thomson-Houston Elektromotoren ausgerüstet ist. Die Anordnung der Motoren, sowie der Antrieb der Axen ist in ähnlicher Weise wie bei den vorstehend beschriebenen Strassenbahnwagen durchgeführt. Bei verstärktem Betriebe, wobei ein Motorwagen und fünf Anhängewagen den Zug bilden, ist beabsichtigt, auch das zweite Drehgestell mit zwei der erwähnten Motoren zu versehen. Die Motorwagen haben an jedem Ende einen geschlossenen Führerstand, welche einander diagonal gegenüberliegen. Das Gewicht eines vollbesetzten Motorwagens beträgt etwa 29 t, dasjenige eines vollbesetzten Anhängewagens 21 t. Die Stromabnahme erfolgt mittelst schleifender Kontaktstücke aus einer dritten, den Fahrschienen parallel verlegten Schiene, welche auf paraffinirtem Holz gut isolirt gelagert ist. Die Stromrückleitung geschieht durch die 34 kg pro laufenden Meter wiegenden Fahrschienen. Die Arbeitsstation enthält zwei 2500- und drei 1000-pferdige Stromerzeuger, welche mit den betreffenden Dampfmaschinen direkt gekuppelt sind. Der zur Verwendung gelangende Strom hat eine Spannung von 500 Volt.

Obgleich erst seit dem 21. April 1895 dem Verkehr übergeben, kann bereits heute diese Anlage als ein entschiedener Erfolg des elektrischen Bahnbetriebes im grossen Massstabe bezeichnet werden.

Litteratur: [1] Vortrag des Verfassers in Glasers Annalen, Bd. 29, Jahrg. 1891, S. 223—231. — [2] Elektrische Hochbahn, Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing., Jahrg. 1889, S. 616. — [3] Elektr. Untergrundbahnen in London, ibid. 1890, 1244. — [4] Die elektrischen Eisenbahnen, ibid. 1892, S. 14 ff. — [5] Betriebsergebnisse der unterirdischen elektrischen City- und Süd-London-Bahn, ibid. 1892, S. 1082. — Broschüre der Union E.-G. (Berlin) über elektrische Bahnen, System Thomson-Houston.

F. W. Bork.

Eisenbahnfahrgeschwindigkeit, s. unter F a h r g e s c h w i n d i g k e i t.

Eisenbahnfahrkarten werden aus Pappe erzeugt, welche in den meisten Fällen aus Abfallpapier, Stroh und Holzschliff mit Harzleim, Thonerde und Stärke hergestellt und auf beiden Seiten mit dünnem, weissem oder gefärbtem Papier beklebt sind.

Das Ueberziehen der Pappe kann auf einer sogen. Beklebmaschine (Bd. 2, S. 200) zur Ausführung kommen, in welcher zwei mit Stärkekleister versehene Papierbahnen samt den Pappeplatten zwischen zwei Presswalzen hindurchgehen, dann durch Filze oder sonstige Tücher ohne Ende um zwei Trockentrommeln herumgeführt werden. Hierauf werden die Pappebogen geglättet, dann mit farbigen Linien oder Mustern in einer Färbmaschine versehen, in welcher dieselben oder schon geschnittene Pappstreifen zwischen einer eisernen und einer die Muster in einer Kautschukumhüllung enthaltenden Walze hindurchgehen. Schliesslich erfolgt das Zerschneiden der Pappebogen zuerst in der Richtung der Länge und dann in der Richtung der Breite der Karten durch Kreisscheren. Nach dem Schneiden von je 100 Stück ertönt ein Zeichen. Die Stärke der Karten wird gewöhnlich in der Weise vorgeschrieben, dass eine bestimmte Anzahl derselben auf 100 oder 110 mm gehen. S. Papierztg. 1894, S. 463. *Maxim. Kraft.*

Eisenbahnfahrplan, s. unter F a h r p l ä n e.

Eisenbahnhochbauten, alle zu Eisenbahnzwecken dienenden Gebäude als: Empfangs- und Nebengebäude, Bahnwärterhäuser und Buden, Güter-,

Lokomotiv- und Wagenschuppen, Wasserstationen, Werkstattgebäude, Magazine, Beamtenwohngebäude u. s. f. Die den Empfangsgebäuden zugehörenden Bahnhofshallen (s. d.) gehören zum Teil zu den allergrössten überdeckten Räumen. (S. die einzelnen Stichworte.)

Eisenbahnkartelle, eine Vereinigung mehrerer Eisenbahnverwaltungen, um bei konkurrirenden Eisenbahnlinien eine zweckentsprechende Teilung des Verkehrs herbeizuführen und dadurch einem Konkurrenzkampfe, namentlich in Bezug auf die Tarife, vorzubeugen.

Eisenbahnkongresse, Versammlungen von Eisenbahnsachverständigen, welche zum Zweck der Beratung über Verbesserungen beim Bau und Betriebe der Eisenbahnen zusammentreten und von allen denjenigen Behörden, welche hierbei interessirt sind, beschickt werden. In ähnlicher Weise wirken Eisenbahnkonferenzen und Eisenbahnenquêten; nur sind die Ziele und Zwecke der letzteren beschränkter. Bei den Eisenbahnkongressen kann man unterscheiden: Landes- und internationale Kongresse, je nachdem die Interessen der betreffenden Versammlung nicht über die Grenzen eines Landes hinausgehen oder einen weiteren Kreis umfassen. *Georg Meyer.*

Eisenbahnmasseinheiten. Es sind beim Eisenbahnbetrieb folgende Bezeichnungen üblich: Personen-, Tonnen-, Ax-, Wagen-, Zug-, Lokomotiv-Kilometer, d. h. die Beförderung einer Person, einer Tonne (1000 Kilogramm), einer Axe, eines Wagens, eines Zuges, einer Lokomotive allein, auf einen Kilometer Bahnlänge (Bahnkilometer); Nutzkilometer, das zum Schieben oder Ziehen von den Lokomotiven zurückgelegte Kilometer Bahnlänge; Brutto- oder Netto-Tonnen-Kilometer, das Produkt aus der zurückgelegten Bahnlänge in die Lastsumme aus Gütergewicht + Wagengewicht (Brutto) oder Gütergewicht allein (Netto). Eine Stunde Rangirdienst der Lokomotive entspricht 10 Lokomotiv-Kilometern.

Eisenbahnschienen, s. Oberbau.

Eisenbahnsignale, leicht wahrnehmbare Zeichen, welche zur Sicherung des Betriebes Auskunft über den Zustand der Eisenbahn, besondere Vorfälle, den Verkehr etc. geben. Näheres s. unter den verschiedenen Einzelartikeln (Abfahrtssignal, Bahnzustandssignale, Gefahrsignal, Interkommunikationssignale, Signalordnung, Signalwesen, Weichensignale etc.).

Eisenbahnstäuber, ein zur trockenen Reinigung der Hadern bei der Papierfabrikation verwendeter, wolfähnlicher Apparat, dem dieser eigentümliche Name erteilt wurde, weil mehrere mit Schlagstäben versehene Wellen so hinter einander angeordnet sind, wie etwa die Waggons eines Eisenbahnzuges. S. Papierfabrikation.

Eisenbahntruppen. Die Bedeutung der Eisenbahnen bei der Kriegführung ist erst in neuerer Zeit mehr zur Geltung gekommen (s. Betrieb der Eisenbahnen im Kriege). Alle Massnahmen, welche notwendig wurden, um Bahnen unfahrbar zu machen oder um eine unfahrbar gemachte Bahnstrecke wieder in betriebsfähigen Zustand zu setzen, wurden noch im deutsch-französischen Krieg 1870—71 von besonderen Feldeisenbahnabteilungen ausgeführt. Es waren dies Organe, welche erst beim Ausbruche des Krieges zusammentraten, also während der Friedenszeit als solche nicht vorhanden waren. Aus den Erfahrungen nun, welche man bei der Thätigkeit der Feldeisenbahnabteilungen im Kriege 1870—71 machte, hatte sich das Bedürfnis herausgestellt, statt dieser wenig vorbereiteten und im gegebenen Falle erst zusammentretenden Organe besondere militärische Abteilungen zu schaffen, welche eine genügende Vorbereitung dadurch erhalten, dass sie auch im Frieden vorhanden sind und während dieser Zeit eine andauernde Thätigkeit im Herstellen neuer Bahnen (Feldbahnen), einzelner Teile behufs Ersatz von zerstörten Objekten (Brücken) entwickeln, sowie auch eine gewisse Kenntnis des Eisenbahnbetriebsdienstes beim Betriebe von Militäreisenbahnen erlangen.

Die Verwaltung derartiger Bahnen steht in der Regel unter dem Kommandeur der Eisenbahntruppen und werden die hierbei vorkommenden oberen Dienststellen von Offizieren, die übrigen von Unteroffizieren bezw. Mannschaften eingenommen. Zur Besetzung der Offiziersstellen werden so weit als thunlich Eisenbahningenieure gewählt, für die Mannschaften meistens Handwerker. Derartige ständige Truppenteile sind in den meisten Ländern

vorhanden. In Preussen ist z. B. eine Eisenbahnbrigade, aus 3 Regimentern zu je 2 Bataillonen bestehend, sowie die Militäreisenbahn Berlin-Zossen für den genannten Zweck thätig. Für diese Truppen muss nun auch das erforderliche Betriebsmaterial für den Bau (Ersatz) von Brücken u. s. w., für den Bau und Betrieb von Feldeisenbahnen (Schienen, Wagen und Lokomotiven) beim Ausbruch eines Krieges vorhanden sein. *Georg Meyer.*

Eisenbahnverwaltung. Mit dem Namen Eisenbahnverwaltung (Administration der Eisenbahnen) bezeichnet man sowohl die Gesamtheit der zur Ausführung des Eisenbahnbetriebes notwendigen Organe, als auch die von den letzteren hierbei zu entwickelnde Thätigkeit. Um die Dienstleistungen in möglichst zweckmässiger Weise durchzuführen, ist den einzelnen Organen eine möglichst grosse Selbständigkeit zu gewähren. Eine scharfe Abgrenzung der Dienstbezirke ist notwendig, damit Ueberlastungen, sowie Uebergriffe einzelner vermieden werden. Bei den technischen Dienstzweigen ist eine unmittelbare Anschauung behufs Abgabe sachgemässer Urteile, sowie ein ausgedehnter mündlicher Verkehr von grosser Bedeutung. Nur Angelegenheiten von bleibender Geltung sind schriftlich zu erledigen. Bei der Eisenbahnverwaltung kann man im allgemeinen folgende verschiedene Formen unterscheiden:

A. Vom Staate gebaute bezw. in den Besitz des Staates übergegangene Bahnen; a. unter Staatsverwaltung; b. unter Privatverwaltung.

B. Von Privaten erbaute Bahnen; a. unter Staatsverwaltung; b. unter Privatverwaltung.

In Deutschland ist vorwiegend die Gruppe Aa. (Staatsbahnen unter Staatsverwaltung) vertreten. In Oesterreich-Ungarn findet man die Gruppen Aa., Ba. und Bb.; in Frankreich die Gruppe Aa. und Bb., in England, sowie in Nordamerika die Gruppe Bb. Die erstgenannte Form der Verwaltung (Staatsbahnen unter Staatsverwaltung), ebenso die Gruppe der Privatbahnen unter Privatverwaltung kommen am häufigsten vor. — Der Eisenbahnbetrieb, d. h. die Summe derjenigen Thätigkeit, welche notwendig wird, um Menschen, Tiere oder Güter in Eisenbahnwagen auf einer vorhandenen Strecke zu befördern, besteht aus mehreren einander mehr oder weniger nahe liegenden Hauptgruppen und zwar:

1. Betriebsdienst, umfassend die für das Zusammensetzen und Fortschaffen der Züge erforderliche Thätigkeit mit Ausnahme des Lokomotiv- und des Verkehrsdienstes.
2. Maschinen- und Werkstättendienst. Der erstere umfasst den gesamten Dienst des Lokomotivpersonals (Lokomotivdienst); der Werkstättendienst bezieht sich auf die Einrichtung der Werkstätten und die Thätigkeit in denselben.
3. Bahnaufsicht und Bahnunterhaltung bezweckt im wesentlichen die Unterhaltung des Oberbaues und die Revision desselben.
4. Verkehrs- oder Güterdienst schliesst die gesamte Thätigkeit von der Annahme der Güter zum Transport bis zur Empfangnahme durch den Adressaten in sich.
5. Ueberwachung und Unterhaltung der elektrischen Telegraphen, sowie der zur Sicherung des Betriebes vorhandenen elektrischen Signaleinrichtungen.
6. Abteilung für Neubauten, falls solche in grösserem Umfange vorhanden sind.

Als kleinere Gruppen sind noch zu erwähnen: das Kassen- und Rechnungswesen, sowie Telegraphie, Materialien- und Drucksachenverwaltung.

Diese angegebenen Gruppen kommen im wesentlichen sowohl bei den vom Staate verwalteten als auch bei den von Privaten betriebenen Bahnen vor, weil sie überhaupt der Eigenartigkeit des Betriebes mit Lokomotiven entsprechen.

A. Vom Staate verwaltete Staats- und Privatbahnen.

Bei diesen Bahnen liegt die obere Leitung der Verwaltung in den Händen eines Ministers, welchem je nach der Grösse des Eisenbahnnetzes eine mehr oder minder grosse Zahl von Räten für die Bearbeitung der einschlägigen Angelegenheiten zur Disposition stehen. Diese Behörden besorgen auch gleichzeitig die Ueberwachung der Verwaltung der Privatbahnen. Unter dem betreffenden Minister sind dann noch besondere Dienststellen, „Eisenbahn-Direktionen“ für die Verwaltung der Eisenbahnen thätig, und zwar je nach dem mehr oder weniger grossen Umfange des Eisenbahnnetzes eine oder mehrere Direktionen. Ist das Bahnnetz nur von geringem Umfange, so werden die Verwaltungsangelegenheiten durch eine Direktion erledigt und bezeichnet man dann diese Behörde auch als Generaldirektion, z. B. in Bayern, Sachsen, Baden, Württemberg, Oesterreich, Schweden u. s. w. Es geschieht dies namentlich auch dann, wenn auch die Post und die Telegraphie derselben Behörde unterstellt ist. — Jede Direktion, bezw. Generaldirektion, besteht aus dem Vorsitzenden und einer bestimmten Anzahl von juristisch oder technisch vorgebildeten Räten, welch letztere einzelnen Abteilungen, von denen jede unter einem besonderen Vorsitzenden thätig ist, angehören.

Neben den Direktionen sind auch wohl noch besondere Eisenbahnbeiräte (Landeseisenbahnräte, Bezirkseisenbahnräte) thätig, welche als Vertreter des Handelsstandes, der Industrie, der Land- und Forstwirtschaft und, von diesen auch meist gewählt, als Vertreter dieser Körperschaften die Interessen derselben wahrnehmen sollen. Diese Organe sollen in allen wichtigen Fragen, welche die Verkehrsinteressen des betreffenden Landesteils berühren, z. B. Aenderungen des Fahrplans, der Tarife, gehört werden.

Unter der Direktion sind besondere Organe für die Ausführung des gesamten Betriebsdienstes thätig und zwar sind für bestimmte Bezirke einer Direktion entweder die Hauptgruppen zu einer Dienststelle vereinigt (Betriebsämter, Oberbahnbetriebsämter, Eisenbahnbetriebsdirektionen), deren Vorsitzender als Betriebsdirektor fungirt, oder es werden die einzelnen Hauptgruppen getrennt verwaltet (Inspektionen, Inspektoren), wie es z. B. bei der Neuorganisation der preussischen Staatsbahnen der Fall ist [1].

Der Betriebsdienst umfasst die gesamte Thätigkeit des Betriebspersonals für die Zusammensetzung und Beförderung der Züge mit Ausschluss des Lokomotiv- und Verkehrsdienstes (Betriebsinspektionen, Betriebsinspektor, Bau- und Betriebsinspektor, Oberbetriebsinspektor, Betriebsdirektionen, Betriebsdirektor). Die gesamte Thätigkeit dieses Dienstzweiges kann man einteilen in den Stationsdienst und den Wagendienst. Der erstere bezieht sich auf die Dienstleistungen der bei den Eisenbahnzügen für Zusammensetzung der Züge, Revision der Wagen, Verausgabung der Fahrkarten, Beförderung des Reisegepäcks u. s. w., sowie alle Vorbereitungen hierzu thätigen Beamten (Stationsvorsteher, Stationsvorstand, Bahnhofsverwalter, Bahnhofsvorstand, Stationsassistenten, Stationsaufseher, Rangirmeister, Wagenrevisoren u. s. w.). Bei der Abfahrt eines Zuges von der Station wird derselbe von dem diensthabenden Stationsbeamten dem Zugführer (Oberschaffner, Zugmeister) übergeben und steht von diesem Zeitpunkte ab das ganze beim Zuge befindliche Personal unter dem Zugführer. Die für das Reisegepäck erforderlichen Massnahmen werden durch den Packmeister (Gepäckschaffner, Güterschaffner) besorgt. Ausser den genannten Beamten sind bei den Personenzügen noch Schaffner (Personenschaffner, Kondukteure) für die Bedienung der Reisenden thätig. Ueberdies werden noch Bremser für die Bedienung der Bremsen, Schmierer (Zugsöler, Wagenwärter) für die Beaufsichtigung der Wagen bezw. der Axbüchsen notwendig. Das genannte beim Zuge während der Fahrt vorhandene Personal nennt man Wagenpersonal und die von demselben ausgeführte Thätigkeit nennt man Wagendienst.

Der Maschinendienst (Eisenbahnmaschinendienst, Lokomotivdienst, Betriebsmaschinendienst, Zugförderungsdienst) hat den wesentlich technischen Teil des Eisenbahnbetriebes bezw. des Transportdienstes zu besorgen. Zunächst gehört hierher die Gestellung der für die Beförderung der Züge sowie für das Rangiren erforderlichen Lokomotiven nebst dem zugehörigen Personal, ferner auch die Heranbildung des Lokomotivpersonals. Auf grösseren Lokomotivstationen sind Werkstätten vorhanden, um kleinere Reparaturen, namentlich an Lokomotiven, ausführen zu können. Diese Werkstätten (Betriebswerkstätten) sind der für diese Gruppe eingesetzten Dienststelle (Maschineninspektion, Eisenbahnmaschineninspektor, Bauinspektor, Heizhausleiter) untergeordnet. Auch gehören meistens die mechanischen Anlagen der Wasserstationen hierher.

Der Werkstättendienst umfasst die Instandhaltung des rollenden Materials und sonstiger mechanischen Betriebsvorrichtungen. Für Lokomotiven und Wagen sind Revisionen vorgeschrieben, welche nach dem Verlauf einer gewissen Zeit bezw. nach Zurücklegung eines bestimmten Weges ausgeführt werden müssen. Es ist in Rücksicht auf die Sicherheit des Betriebes zweckentsprechend, die Reparatur und Revision der Eisenbahnfahrzeuge in besonderen hierzu geeigneten, der Eisenbahnverwaltung gehörenden Werkstätten ausführen zu lassen. Für diesen Dienstzweig sind besondere Organe bezw. Beamte (Werkstätteninspektionen, Bauinspektoren, Werkstättenvorsteher u. s. w.) eingesetzt.

Die Unterhaltung der Bahn erfordert eine dauernde Ueberwachung und Beaufsichtigung, um die hervortretenden Mängel und Schäden baldmöglichst zu beseitigen. Die unmittelbare Beaufsichtigung der Strecke geschieht durch Bahnwärter, welche dem Bahnmeister zunächst untergeordnet sind. Der gesamte hierbei erforderliche Dienst steht unter einer Behörde (Bauinspektion, Eisenbahnbauinspektor, Bauinspektor, Eisenbahnbaumeister), welcher auch gleichzeitig die Unterhaltung und Ueberwachung der übrigen baulichen Anlagen zusteht.

Der Verkehrs- oder Güterdienst besteht im wesentlichen darin, alle vorbereitenden Massregeln bis zur Fortbewegung der in die Wagen eingeladenen Güter durch die Lokomotive und nach Beendigung des Transportes auf der Bahn bis zur Auslieferung der Güter an den Empfänger ausführen zu lassen. Zur Besorgung dieses Dienstes ist eine besondere Dienststelle, die Verkehrsinspektion (Güterinspektion, Güterexpedition, Güterinspektor, Verkehrsinspektor), eingesetzt.

Die Unterhaltung und Beaufsichtigung der Einrichtungen für die elektrische Telegraphie, der elektrischen Signale, sowie der sonstigen elektrischen Anlagen für die Sicherung des Betriebes steht unter einer besonderen Dienststelle (Telegrapheninspektion, Telegrapheninspektor). Wenn umfangreichere Neubauten vorliegen, so ist die Bauleitung besonderen, der Direktion unterstellten Baubeamten anvertraut (Bauinspektoren, Baumeister).

Für die Materialienverwaltung sowohl wie für die Beschaffung und Verausgabung von Drucksachen sind ebenfalls besondere Beamte notwendig. Beispiele für Deutschland finden sich in [1]—[3], worauf wir verweisen.

B. Von Privaten verwaltete Eisenbahnen.

Bei diesen meistens von einer Aktiengesellschaft gebauten Bahnen liegt die obere Leitung des Betriebes in den Händen eines Vorstandes bezw. einer Direktion, deren Amtshandlungen durch den Aufsichtsrat kontrollirt werden. Wichtigere Beschlüsse werden von der Generalversammlung der Aktionäre gefasst. Bei Bahnen von geringem Umfange werden auch die Geschäfte der Direktion wohl vom Aufsichtsrate oder Verwaltungsrate ausgeübt. Im übrigen treten bei diesen Verwaltungen die einschlägigen Bestimmungen des Handelsgesetzes in Kraft. — In ähnlicher Weise wie bei der Staatseisenbahnverwaltung haben sich auch hier die einzelnen Gruppen des Betriebsdienstes herausgebildet.

Litteratur: [1] Ordnung der preussischen Staatseisenbahnverwaltung vom 1. April 1895 ab; Verordnungsblatt. — [2] Verkehrsordnung für die Eisenbahnen Deutschlands vom 15. Nov. 1892. — [3] Krönig, Die Verwaltung der preussischen Staatseisenb., Breslau 1893. — [4] Röll, Encyklopädie des ges. Eisenbahnwesens, Wien 1890, Bd. 1, S. 73 ff.; Haushofer, Grundzüge des Eisenbahnwesens, Stuttgart 1875; v. Weber, Die Schule des Eisenbahnwesens, 4. Aufl. bearbeitet von Koch, Leipzig 1885; Frank, Der Betrieb auf den englischen Bahnen, Wien, Pest, Leipzig 1886. *Georg Meyer.*

Eisenbahnverwaltungen, Verein deutscher. Der Verein deutscher Eisenbahnverwaltungen hat den Zweck, durch gemeinsame Beratungen und einmütiges Handeln das eigene Interesse und dasjenige des Publikums zu fördern. Die ersten Anfänge dieses Vereins datiren von 1846. Allgemeine Voraussetzungen für die Aufnahme in den Verein sind: 1. eine zusammenhängende Bahnlänge von mindestens 100 km; 2. normale Spurweite; 3. der Anschluss an eine Vereinsbahn muss derart sein, dass ein Wagenübergang stattfinden kann; 4. die Bahn muss dem öffentlichen Verkehre für Beförderung von Personen und Gütern dienen.

Vereinsmitglieder sind zurzeit sämtliche den vorstehenden Voraussetzungen entsprechende Bahnen des Deutschen Reiches und der Oesterreichisch-Ungarischen Monarchie. Sodann noch bosnische, niederländische, luxemburgische, belgische, rumänische und russisch-polnische Eisenbahnen. Diese genannten Bahnen haben zusammen eine Länge von etwa 80000 km. Zum Zweck der Besprechung bezw. Beratung von Vereinsangelegenheiten findet nach Verlauf von zwei Jahren eine Versammlung an einem von der vorhergehenden Vereinsversammlung bestimmten Orte statt. — Die Anmeldung von Beratungsgegenständen für diese Vereinsversammlungen muss drei Monate vor dem Zusammentritt der Versammlung geschehen. Zum Zweck der Vorberatung werden dieselben besonderen hierzu eingesetzten Ausschüssen überwiesen. Die Beschlussfassung über die von den Ausschüssen vorbereiteten Anträge erfolgt durch Stimmenmehrheit. Die hierbei den einzelnen Vereinsmitgliedern zustehenden Stimmen richten sich annähernd nach der Bahnlänge. Die in den Vereinsversammlungen gefassten Beschlüsse werden bindend, wenn nicht binnen einer Frist von acht Wochen Widerspruch erhoben ist und zwar mindestens von einem Zehntel der gesamten Stimmenzahl. Bei Tarifangelegenheiten muss Einstimmigkeit vorhanden sein. Nicht alle Beschlüsse bedürfen der Zustimmung der Vereinsbahnen; diese sind: 1. Wahl der geschäftsführenden Verwaltung; 2. Wahl der Ausschüsse; 3. Ueberweisung von Anträgen an die Ausschüsse; 4. Entlastung für die Rechnungslegung der Vereinskasse. Die bei dem Verein vorkommenden Geschäfte werden von einer Verwaltung besorgt, welche auf je vier Jahre gewählt wird. Seit 1882 ist die königl. Eisenbahndirektion Berlin die geschäftsführende Verwaltung. Zur Hilfeleistung ist auf Kosten des Vereins ein besonderes Bureau eingerichtet. Nach der technischen Seite hin sind die Technikerversammlungen des Vereins sehr fruchtbringend gewesen. Um den Uebergang der Wagen auf den Vereinsbahnen zu ermöglichen, mussten die Eisenbahnwagen bestimmten Bedingungen, besonders in Bezug auf das Untergestell, genügen. Hierdurch ist namentlich der Grund zu den „Technischen Vereinbarungen des Vereins deutscher Eisenbahnverwaltungen" gelegt, denen später noch die Grundzüge für die Haupteisenbahnen und die Nebeneisenbahnen nachfolgten.

Von der Wirksamkeit des Vereins legen ferner noch Zeugnis ab: die Statistik des Vereins, das Vereinskarten-Reglement, die Zeitung des Vereins, das Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens u. s. w.

Litteratur: Rückblick auf Gründung und Wirksamkeit des V. d. E. V., Berlin 1871. — W. Kaufmann, Die mitteleuropäischen Eisenbahnen und das internationale Recht, Leipzig 1893. — Rückblick auf die Thätigkeit der Technikerversammlungen des V. d. E. V. 1850—1890, Berlin 1890. — Röll, Encyklopädie des ges. Eisenbahnw., Wien 1895, Bd. 7, S. 3339. *Georg Meyer.*

Eisenbahnwagenlackirung. Das Trocknen der einzelnen Farben- und Lackschichten bei erhöhter Temperatur und in geschlossenen Räumen ermöglicht ausserordentlich widerstandsfähige Lackirungen. Ingenieur Ritter von Gunesch in Wien hat durch Anwendung eines ihm patentirten, mit Dampf geheizten Lackir-Trockenhauses das Verfahren auch für Lackiren von Eisenbahnwagen anwendbar gemacht, wodurch nicht allein eine grössere Beständigkeit der Lackirung erreicht, sondern auch die erforderliche Zeit ganz wesentlich herabgemindert wird. Die

auf den äusseren Wandflächen der Personenwagen frisch aufgetragenen Materialschichten, wie Grundanstrich, Kitte, Farbenanstrich und Lacke werden intensiver Wärme ausgesetzt, dadurch die Austrocknung beschleunigt und ganz vollkommen, mit grosser Sicherheit bewerkstelligt.

Die erhöhte Wärme wird durch eine Dampfheizung erzeugt, welche in einem eigens zu diesem Zwecke hergerichteten, innerhalb der Werkstätte aufgebauten Bretterhäuschen untergebracht ist, in welches der Wagen nach jeder an demselben vorgenommenen Arbeit zum Austrocknen eingestellt wird. Dieses Dampftrockenhäuschen besteht aus einer innerhalb der Lackirwerkstätte mit Holzwänden allseitig möglichst gut abgeschlossenen Kammer, in welcher der auszutrocknende Wagen eingeschoben wird und während der Trocknungsdauer abgeschlossen bleiben kann. An den beiden Langseiten dieser Backkammer ist ein System von Siederöhren angebracht, welche unter einander verbunden sind und ein geschlossenes, heizbares Rohrnetz bilden, in welches Dampf von 3—4 Atm. Ueberdruck eingeleitet und in kurzer Zeit eine Temperatur von 45—50° R. erreicht wird.

Der zu lackirende Wagen wird sogleich nach jeder an demselben vorgenommenen Prozedur, je nach der Art derselben, Anstrich, Verkittung oder Lackirung, auf 5—8 Stunden in den Trockenraum gestellt. Infolge des rascheren Durchtrocknens haften die aufgetragenen Farben und Lacke besser an den Wandflächen und werden härter und widerstandsfähiger gegen atmosphärische Einflüsse.

Wird die Arbeit in zwei Lagen durchgeführt, so dass sich ein Wagen ununterbrochen in der Trockenkammer befindet, so stellt sich das Verhältnis der erforderlichen Zeit für die Arbeitsdurchführung:

bei Dampftrocknung: für 1 Wagen 13 Tage, für 2 Wagen 19 Tage,
„ Lufttrocknung: „ „ „ 21 „ „ „ 27 „ *Andés.*

Eisenbahnwagenmiete, s. Güterverkehr.

Eisenbahnwerkstätten, s. Eisenbahnverwaltung und Werkstätten.

Eisenbahnzeit. Vor Einführung der Zonenzeit am 1. April 1893 hatten in Deutschland die verschiedenen, nach Osten oder Westen gelegenen Stationen verschiedene Zeiten. Hierdurch ergaben sich beim Fahrdienst Uebelstände und wurde deshalb eine besondere Eisenbahnzeit, für den Fahrdienst giltig, angenommen. So wurden z. B. für die preussischen Eisenbahnen alle Zeitangaben im innern Betriebsdienst nach Berliner Zeit gemacht. Die für das Publikum hergestellten Fahrpläne enthielten dagegen für die einzelnen Stationen Ortszeit. Es wurde durch die Einführung dieser Eisenbahnzeit eine wesentliche Vereinfachung bezw. Erleichterung im Betriebe herbeigeführt. Allein eine Erschwerung des Betriebsdienstes lag immer noch darin, dass die Beamten nebenbei beim Betriebe mit der Ortszeit (namentlich beim Verkehr mit dem Publikum) zu rechnen hatten. Die Erschwerung wurde dadurch behoben, dass man bei einigen Bahnen die angenommene Eisenbahnzeit auch für das bürgerliche Leben einführte. Von grösserer Bedeutung war die Einführung der heute bei uns giltigen Zonenzeit. Diese Zeitbestimmung, welche in Nordamerika schon seit dem Jahre 1883 eingeführt war, beruht darauf, dass von dem in 360 Längengrade eingeteilten Erdumfange 24 Normalmeridiane derart ausgewählt sind, dass sie um 15°, also eine Stunde Zeitunterschied, von einander abstehen. Nach diesen Meridianen wird dann die Zonenzeit geregelt. Als erster Meridian wird hier in Europa der von Greenwich angesehen und wird die hiernach bemessene Zeit als Westeuropäische Zeit angenommen bezw. bezeichnet; der von Greenwich um 15° östlich abstehende Meridian wird für die Mitteleuropäische Zeit gerechnet und der um 30° von Greenwich östlich gelegene Meridian gilt für die Osteuropäische Zeit. Nach Westeuropäischer Zeit (WEZ), also nach dem Längengrade von Greenwich, rechnen die Eisenbahnen in Grossbritannien, Belgien und den Niederlanden. Nach Mitteleuropäischer Zeit (MEZ), also dem 15. Längengrade östlich von Greenwich, rechnen die Eisenbahnen in Deutschland, Luxemburg, Oesterreich-Ungarn, Dänemark, Schweden, Norwegen, Schweiz, Italien, Bosnien, Serbien, westliche Türkei (Netz von Salonichi). Nach Osteuropäischer Zeit (OEZ), also nach der Zeit für den 30. Längengrad östlich von Greenwich, rechnen die Eisenbahnen von Bulgarien, Rumänien, östliche Türkei (Konstantinopeler Netz). Einheitliche Landeszeiten nach den Längengraden der Hauptstädte gelten noch in Portugal, Spanien, Frankreich, Griechenland und Russland. Durch Gesetz vom 12. März 1893 wurde im Deutschen Reich die Zonenzeit (MEZ) nicht nur für die Eisenbahnen, sondern auch für das bürgerliche Leben eingeführt. *Georg Meyer.*

Eisenbahnzug. Werden Eisenbahnwagen unter sich und mit einer Lokomotive oder mit einer andern geeigneten Kraftmaschine verbunden, so entsteht ein Eisenbahnzug, ein geschlossenes Ganzes, welches zum Transport von Personen oder Gütern auf einer Eisenbahn dient. Im Sinne der Betriebsvorschriften ist die Zahl der Wagen eines Zuges nach unten nicht begrenzt; es wird noch eine einzeln fahrende Lokomotive nach Massgabe der Betriebsordnung und auch der Signalordnung für die Haupteisenbahnen Deutschlands als ein Eisenbahnzug angesehen. Die grösste zulässige Zahl der in den verschiedenen Zügen vorhandenen Axen wird durch die Betriebsordnung festgesetzt.

Allgemein unterscheidet man Personenzüge, gemischte Züge und Güterzüge, je nachdem Personen oder Personen und Güter oder nur Güter mit den Zügen befördert werden. Lokalzüge, Eilzüge, Expresszüge, Kurierzüge, Blitzzüge, Jagdzüge, Harmonikazüge, Sonderzüge (Extrazüge) sind bekannte Unterabteilungen der Personenzüge bezw. der gemischten. Stückgut-, Wagenladungs- und Viehzüge sind die Unterabteilungen beim Güterverkehr. Jeder Zug wird auch als ein geschlossenes Ganzes durch Signale, namentlich bei Dunkelheit, gekennzeichnet, so dass man jederzeit erkennen kann, ob der Zug noch vollständig ist.

Die Stellung der Wagen in den Zügen geschieht nach Gründen der Zweckmässigkeit und der Betriebssicherheit; die Ansichten hierüber sind in den verschiedenen Ländern nicht immer die gleichen und infolge dessen ebenso die Stellung der Wagen in den Zügen auf den verschiedenen Bahnen. *Georg Meyer.*

Eisenbeize, salpetersaure, s. Eisensulfate.

Eisenblau, s. Pariserblau und Vivianit.

Eisenblüte, s. v. w. Aragonit.

Eisenbraun, hellere oder dunklere, als Wasser- und Oelfarbe geeignete braune Farbe, licht- und luftbeständig, erhalten durch Vermischen von 100 Teilen natürlichem gelbem Ocker mit 5 Teilen Kochsalz und Glühen des Gemisches bei verschiedenen Temperaturen, das Produkt muss noch gemahlen und geschlämmt werden.

Eisenchamois (Rostgelb, Nankingelb) besteht aus normalem Eisenoxydhydrat $Fe_2(OH)_6$ im Gemisch mit Anhydrohydroxyden, z. B. $Fe_2O(OH)_4$, welche aus erstgenanntem durch Wasseraustritt hervorgehen. In seiner Zusammensetzung ähnelt es daher vielen verbreiteten Eisenerzen.

Das Eisenchamois wird hauptsächlich auf Baumwolle (Gespinnst und Gewebe) gefärbt und liefert hellgelbe bis rotbraune Farben, die licht-, seifen- und alkaliecht, aber sehr säureempfindlich sind, weil die Säure das fein verteilte Eisenoxydhydrat löst. — Auf der Faser wird es gewöhnlich in der Weise entwickelt, dass man diese mit der Lösung eines Eisenoxydulsalzes (Eisenvitriol, essigsaures Eisenoxydul) gleichmässig durchtränkt, darauf mittelst Soda- oder Aetznatronlösung auf ihr Eisenoxydulhydrat fällt und die Entwicklung des Eisenhydroxyds durch eine der Fällung folgende Oxydation (durch Luftsauerstoff) vollendet. Oder man durchtränkt die Faser mit sogen. salpetersaurem Eisen (Rouille, basisch schwefelsaurem Eisenoxyd), um durch folgendes Durchziehen durch eine schwache Lösung von Aetznatron, Soda, Kalk- oder Kreidewasser Eisenoxydhydrat direkt aus diesem Salz auf der Faser abzuscheiden. *Möhlau.*

Eisenchloride. Unter den Chloriden des Eisens unterscheidet man: 1. Eisenchlorür oder Ferrochlorid, ein Salz der Formel $FeCl_2$, das im wasserfreien Zustande farblos ist, mit Wasser (bis zu $4H_2O$) legirt, bläulich grüne Kristalle bildet. Es ist an der Luft sehr leicht oxydirbar. Man erhält es am einfachsten durch Lösen von Eisenabfällen in Salzsäure und Eindampfen der geklärten Lösung. Ausserdem wird es als Nebenprodukt bei verschiedenen Metallgewinnungsverfahren gewonnen. — Die Lösung als solche wird in der Pharmacie unter dem Namen Liquor ferri muriatici oxydulati, ferner in der metallurgischen Technik als Reduktionsmittel und zur Sauerstoffübertragung benützt (s. Gold); das durch Eindampfen der Lösung erhaltene noch wasserhaltige Salz dient zur Herstellung des Eisenchlorides. 2. Eisenchlorid oder Ferrichlorid, dessen Zusammensetzung der Formel $FeCl_6$ entspricht, bildet in wasserfreiem Zustande rot durchscheinende, grün schimmernde Kristalle, mit Wasser bis zu $12H_2O$ kristallisirt, hellgelbe Kristallmassen. In allen Formen ist dieses Chlorid leicht in Wasser löslich; das erstere Salz zeichnet sich durch eine leichte Flüchtigkeit aus, indem es schon bei 100^0 zu sublimiren beginnt. Bei höheren Temperaturen an der Luft sowohl wie im Wasser zerfällt das Salz sehr leicht. Wasserfrei kann man das Eisenchlorid nur dadurch erhalten, dass man über Eisen in Form von Draht oder Spänen Chlor leitet und das

Sublimat auffängt. Zur Darstellung des wasserhaltigen Salzes oxydirt man die stark saure Lösung des Chlorüres anfangs mit Salpetersäure und nach Entweichen der Stickoxyde zum Schluss, also nur noch die letzten Spuren des Chlorüres mit Kaliumchlorat. Dampft man nun die stets schwach sauer zu haltende Flüssigkeit soweit ein, bis eine Probe bei 50° das spezifische Gewicht 1,635, bei 40° 1,653, bei 30° 1,669 zeigt, so erstarrt dieselbe, auf Teller ausgegossen, bei weiterer Abkühlung zu anfangs bräunlichen, feucht aussehenden, bei richtiger Arbeit aber bald kanariengelb und trocken werdenden Platten. Das wasserfreie Eisenchlorid wird zur Herstellung einiger organischen Präparate benützt; das kristallisirte Salz dient fast ausschliesslich zur Darstellung der zahlreichen Eisenpräparate der Pharmacopöen (Liquor ferri sesquichlorati, Eisensalmiak u. a.). Lösungen des Eisenchlorides werden als Heilmittel (zum Blutstillen u. s. w.) und in der metallurgischen Technik als Sauerstoffüberträger benützt. *Borchers.*

Eisenchlorür, s. Eisenchloride.

Eisenchromlegirungen, s. Eisenlegirungen.

Eisencyanfarben, s. Cyaneisenfarben.

Eisendrahtgardine, -kurtine, s. Schutzvorhang.

Eisenerze sind alle in der Natur vorkommende Eisenverbindungen, welche ihres Eisengehaltes wegen zur Gewinnung von Eisen benützt werden können. Das natürliche Schwefeleisen, der Schwefelkies, wird nicht als Eisenerz betrachtet, weil seine Verwendung in der Technik vorwiegend auf Schwefelsäuredarstellung gerichtet ist. Die am meisten verhütteten Erze sind Oxyde, Hydroxyde und Karbonate des Eisens, seltener sind es Schwefel- und Kieselsäureverbindungen. Die wichtigsten Eisenerze sind Roteisenerz, Magneteisenerz, Eisenoolith, Brauneisenerz, Spateisenstein, Sphärosiderit. *Leppla.*

Eisenfarbe, Eisenorange, künstlicher Ocker, auch Marsgelb, Kunstprodukt und Nachahmung natürlich vorkommenden Ockers, sehr beständig in der Farbe und für Oelmalerei besonders geeignet. Sie wird hergestellt, indem man 2 Teile schwefelsaures Eisenoxydul (Eisenvitriol) in 10 Teilen Wasser löst, aus 1 Teil frischgebranntem Kalk und 40 Teilen Wasser bereitete Kalkmilch zufügt, den grünen Niederschlag auswäscht und behufs Oxydation der Luft aussetzt, bis er intensiv gelb wird. Durch Erhitzen lässt sich die gelbe Farbe in rotgelb, orange, braun u. s. w. überführen. *Andés.*

Eisen, galvanisirtes, s. v. w. verzinktes Eisen; s. Verzinken.

Eisengarn, s. Zwirn.

Eisengerbung, die Anwendung von Eisensalzen zur Herstellung von Leder.

Das Verfahren ist schon im vorigen Jahrhundert von d'Arcet empfohlen worden und im Jahre 1842 erhielt Bordier ein englisches Patent darauf. Die nach seinen Vorschlägen hergestellten Leder waren jedoch nicht praktisch verwendbar. Im Jahre 1855 nahm Bellford (Dingl. Polyt. Journal 138, 310) ein weiteres Patent, mit welchem bereits bessere Resultate erzielt wurden. Später beschäftigte sich namentlich Knapp (Dingl. Polyt. Journal 220, 381; 227, 86, 185; 229, 180; 238, 261) mit der Eisengerbung und erhielt auf sein Verfahren mehrere Patente (D. R. P. 444 und 10450). Er verwendete als Gerbmaterial basisch schwefelsaures Eisenoxyd, welches aus wässeriger Lösung von der vorbereiteten tierischen Haut begierig aufgenommen wird. Nach späteren Veröffentlichungen kombinirt Knapp das basische Eisensalz noch mit Seife, mit Blut, mit Urin. Die dabei entstehende unlösliche Verbindung wird entweder in der Blösse selbst erzeugt oder durch mechanische Bearbeitung in dieselbe eingeknetet. Neuerdings hat Reinsch sich ein Verfahren patentiren lassen, nach welchem tierische Haut durch Behandlung mit Eisenoxychloridlösung in Leder übergeführt wird (D. R. P. 70226). *Pässler.*

Eisengiesserei. Unter Eisengiesserei versteht man auch heute noch im gewöhnlichen Leben, erwachsen aus jahrhundertelangem Sprachgebrauch, die Herstellung von Gegenständen aus Roh- oder Gusseisen durch Giessen oder die Anlage, in welcher das Giessen ausgeführt wird.

Diese Begriffsfestsetzung stammt aus einer Zeit, in welcher eben nur die Verflüssigung des Roheisens bekannt war. Seitdem aber auch Stahl und Schmiedeeisen in grossen Mengen vergossen werden, liegt es nahe, den Begriff des Wortes Eisengiesserei auch auf diese mit auszudehnen, um so mehr, als die dabei eingeschlagenen Verfahren im Grunde keine anderen sind wie in der Eisengiesserei. — Die Gegenwart hält aber noch Eisengiesserei und Stahlgiesserei aus einander und versteht unter letzterer die Herstellung von Gegenständen aus schmiedbarem Eisen durch Guss, gleichgiltig, ob das Eisen Flussstahl, d. h. schmied- und merklich härtbares Eisen oder Flusseisen, schmied- und nicht härtbares Eisen ist.

In der Eisengiesserei wird vorwiegend graues Roheisen verwendet, dessen Eigenschaften den Anforderungen an Giessbarkeit, Festigkeit und Bearbeitbarkeit am besten entsprechen. Das graue Giessereiroheisen hat einen Kohlenstoffgehalt von 3—3,5, seltener 4%, ist verhältnismässig leicht schmelzbar (Schmelztemperatur 1150—1250°), ist infolge eines grösseren Siliciumgehaltes dünnflüssig und füllt deshalb die Giessformen leicht und gut aus. Es besitzt ferner die für Erzielung scharfer Abgüsse sehr wichtige Eigenschaft, sich im Augenblicke des Erstarrens auszudehnen, wodurch in der Form ein grösserer Druck entsteht. Es ist weit weniger spröde als das weisse Roheisen, lässt sich mit Schneidwerkzeugen leicht bearbeiten und zeigt insbesondere eine bedeutende Widerstandsfähigkeit gegen Druckkräfte.

Gusseisen erfährt bei wiederholtem Erhitzen bis zur Rotglut eine bleibende Ausdehnung von 3—4% nach allen Richtungen (Quellen), welche bei der Anfertigung mancher Gegenstände (Roststäbe, Roste, Plättbolzen) berücksichtigt werden muss. Alle Masse werden um $^1/_{20}$ — $^1/_{24}$ verkürzt.

Das weisse Roheisen hat fast denselben Kohlenstoffgehalt, weniger Silicium und mehr Mangan, einen etwas niedrigeren Schmelzpunkt (1050—1150°), ist geschmolzen dickflüssiger, füllt die Formen schwerer aus und liefert deshalb, und weil die Ausdehnung im Augenblick des Erstarrens fehlt, weniger scharfe Abgüsse. Es ist ferner sehr hart und spröde und kann mit den gewöhnlichen Schneidwerkzeugen nicht bearbeitet werden. — Für manche Zwecke, z. B. Herstellung des schmiedbaren Eisengusses, wird graues mit weissem Roheisen gemengt (halbirtes Eisen), um die Eigenschaften beider mit einander zu vereinigen.

Graues und weisses Roheisen kommen im Handel in verschiedenen Sorten vor, deren Bezeichnung mit Rücksicht auf das Aussehen des Bruches (lichtgrau, dunkelgrau, Spiegeleisen, Weissstrahl, Weissfloss) oder den Ursprung und die Verwendung gewählt ist (schottisches, englisches, rheinisches, Luxemburger, oberschlesisches Giessereiroheisen), wobei dann besondere Sorten und Klassen unterschieden werden (z. B. bei schottischem: Coltness I, II, Langloan I, II u. s. w.). Näheres s. unter Eisen.

Das Schwinden des Gusseisens vom Erstarren bis zur völligen Abkühlung ist nach verschiedenen Richtungen hin für die Giesserei beachtenswert. Das Schwinden, durch welches alle Abmessungen des erkalteten Gussstückes kleiner ausfallen, als die betreffenden der Form, ist um so kleiner, je mehr Kohlenstoff in Gestalt von Graphit ausgeschieden wird; also bei dunkelgrauem Eisen geringer als bei hellgrauem und bei diesem wieder geringer als bei weissem. Es beträgt das Schwinden in einer geraden Linie $^1/_{63}$ — $^1/_{135}$, im Mittel $^1/_{96}$ — $^1/_{97}$ der Länge (Schwindmass). Soll das Gussstück vorgeschriebene Abmessungen erhalten, müssen alle Masse der Form dem Schwindmass entsprechend vergrössert werden. Ist l eine Länge des Gussstückes, l_1 die entsprechende der Form und φ das Schwindmass, so folgt $l_1 = \frac{l}{1-\varphi}$. — Das Schwinden bewirkt ferner nicht selten die Entstehung von Hohlräumen im Gussstück. Nach dem Eingiessen des Eisens in die Form erstarrt an der Formwand schnell eine mehr oder weniger dicke Kruste, während das Innere noch flüssig ist. Die Kruste hat schon eine wesentlich niedrigere Temperatur als das flüssige Eisen und hat bereits eine Zusammenziehung erfahren. Der dabei auf das flüssige Innere ausgeübte Druck treibt einen Teil des Eisens wieder durch die in der Form vorhandenen Oeffnungen hinaus, so dass in der Form etwas weniger Eisen vorhanden ist, als zu deren völliger Füllung erforderlich. Die Kruste verdickt sich allmälich bei weiterer Abkühlung durch Ansetzen von Eisen und schliesslich entsteht da, wo das letzte flüssige Eisen stand, ein Hohlraum, dessen Wände häufig mit kristallinischem Eisen bedeckt sind, so dass der Raum den Eindruck einer Druse macht. — Solche Hohlräume sind häufig von grossem Nachteil, ja lassen das Gussstück nicht selten zu Ausschuss werden. Liegt der Hohlraum dicht unter der Oberfläche, so sinkt diese ein — das Gussstück saugt; zuweilen wird auch die dünne, in hellglühendem Zustand sehr wenig feste Kruste durchbrochen. Vielfach werden die Hohlräume erst bei späterer Bearbeitung blossgelegt, wodurch das Gussstück, wenn es nicht ganz unbrauchbar wird, zum mindesten einen argen Schönheitsfehler aufweist. — Am nachteiligsten sind grössere, von aussen nicht bemerkbare Hohlräume tief im Innern eines bei seiner Verwendung starker Inanspruchnahme unterworfenen Gussstückes, z. B. bei einer Walze. Der Hohlraum mindert die Festigkeit herab, und das Stück bricht unter dem Einfluss äusserer Kräfte, denen es, wenn durchaus gesund, widerstanden haben würde. — Die Bildung von Hohlräumen muss also nach Möglichkeit vermieden werden.

Prüfung des Giessereiroheisens. Das Aussehen einer frischen Bruchfläche gibt einigen Anhalt zur Beurteilung der Güte und Verwendbarkeit des Gusseisens; doch lässt dasselbe einen sicheren Schluss auf die Zusammensetzung, insbesondere auf den sehr wichtigen Gehalt an Silicium nicht zu. Das

Silicium bedingt die Ausscheidung von Graphit, also die Entstehung grauen Roheisens. Da nun bei dem Umschmelzen des Roheisens etwas Silicium in die Schlacke übergeht, muss das in den Schmelzofen eingesetzte Roheisen einen höheren Siliciumgehalt haben. Dieser muss um so grösser sein, je weniger Roheisen und je mehr Bruch von Gusseisen (Eisenschrott) zum Guss Verwendung findet, denn das Brucheisen hat schon einen verminderten Siliciumgehalt. Sinkt der Siliciumgehalt in der ganzen Masse zu weit, entsteht ein sehr helles, graues oder wohl gar weisses Eisen von geringer Festigkeit. — Eine etwas sicherere Beurteilung des Siliciumgehaltes lässt die mit dem Namen „Spiel" belegte Erscheinung zu. Die reine Oberfläche geschmolzenen Eisens von bestimmter Zusammensetzung überzieht sich bei Berührung mit der Luft mit einem Oxydhäutchen, welches durch die in der Masse vorhandene Bewegung immer und immer wieder zersprengt wird. Durch die Risse sieht man die Eisenoberfläche als dunkle, glänzende Linien, welche ihre Gestalt und Lage fortwährend ändern, auf der Oberfläche herumzuspielen scheinen. Siliciumreiches und weisses Eisen zeigen kein oder nur schwaches, hellgraues und halbirtes Eisen ein lebhaftes Spiel. — Den sichersten Aufschluss über die Zusammensetzung gibt eine chemische Untersuchung, die sich auf die Feststellung des Gehaltes an Kohlenstoff, Silicium, Mangan, Phosphor, Schwefel, Kupfer und Chrom erstrecken muss; doch wird davon in den Giessereien nur selten Gebrauch gemacht. — Phosphor ist im Giessereiroheisen vielfach bis 1, ja selbst 1,5 % vorhanden, und kann solches Eisen für Gegenstände, welche keiner starken Beanspruchung unterworfen sind, recht gut gebraucht werden. Im andern Falle darf der Phosphorgehalt nicht über 0,4 % steigen. Phosphor befördert die Dünnflüssigkeit. — Der Schwefelgehalt soll 0,1 % nicht überschreiten, weil sonst leicht weisses Eisen entsteht. Der Gehalt an Kupfer und an dem seltener auftretenden Chrom soll 0,2 % nicht übersteigen. Chrom bedingt eine Zunahme der Härte.

Festigkeitsprüfung: Das Gusseisen wird meist nur einer Biegprobe unterworfen, wozu unbearbeitete □-Stäbe von 3—4 cm Dicke dienen, welche auf Schneiden in 1 m Abstand gelegt und in der Mitte belastet werden, wobei man die Durchbiegung bis zum Bruch und die Bruchfestigkeit bestimmt. Je zäher das Eisen, um so grösser ist die Durchbiegung. — Auch Schlagproben werden zuweilen vorgenommen, indem man auf die Mitte quadratischer, in Sand gebetteter Probeplatten ein Gewicht aus zunehmender Höhe fallen lässt, bis der Bruch erfolgt. — Endlich werden Probestücke gegossen, um das Verhalten des Eisens oder der Eisenmischung für die beabsichtigte Verwendung zu ermitteln, wobei man das Schwinden und Saugen des Eisens, die grössere oder geringere Schärfe des Abgusses, die Dichtigkeit beobachtet.

Das Schmelzen des Roheisens. Ein Vergiessen des Eisens unmittelbar aus dem Hochofen kommt heute nur noch bei den schon recht seltenen Holzkohlenöfen vor. Das im Kokshochofen erblasene Roheisen schwankt in seiner Beschaffenheit zu stark und ist deshalb zu unmittelbarer Verwendung nicht geeignet; es enthält ferner infolge der höheren Windpressung eine grössere Menge Gase, welche zur Entstehung blasiger Güsse Veranlassung geben. Man giesst deshalb das Hochofeneisen in Barren oder Masseln und sortirt diese entsprechend den Anforderungen der Giessereien. In diesen findet nur ein Umschmelzen statt, wozu Kupol-, Flamm- und Tiegelöfen dienen.

Die Kupolöfen, von denen zurzeit die Konstruktionen von Ireland, Greiner & Erpf, Herbertz & Krigar in Frage kommen, sind senkrechte Schachtöfen, welche, abgesehen von den Unterbrechungen durch die notwendig werdenden Ausbesserungen, einen kontinuirlichen Betrieb zulassen, und in denen Brennmaterial (Koks) und Eisen in wechselnden Schichten mit schlackenbildenden Zuschlägen (Kalk, Flussspat) aufgegeben werden. — Die Tropfen des Eisens rieseln durch den glühenden Koks, werden stark überhitzt und erfahren dabei häufig Veränderungen am Kohlenstoff-, Silicium- und Mangangehalt. Kohlenstoffarmes Roheisen nimmt Kohlenstoff auf, kohlenstoffreiches verliert durch Verbrennung etwas Kohlenstoff. Ein Teil des Eisens verbrennt durch den Sauerstoff des Gebläsewindes; dieser Abbrand beträgt 3—5 %. Der Silicium- und Mangangehalt vermindert sich meist, da ein Teil in die Schlacke übergeht. Schwefel und Phosphor werden nicht ausgeschieden und findet deshalb bei mehrmaligem Umschmelzen eine Anreicherung statt. — Flammöfen finden in der Eisengiesserei selten Verwendung, weil der Brennstoffaufwand dieser wesentlich grösser ist, man nur eine ganz bestimmte Menge Eisen auf einmal niederschmelzen kann und das Schmelzen zu lange Zeit

erfordert. Die Flammöfen sind Herdöfen, auf deren Rost langflammige Steinkohlen verbrannt werden. Flammen und glühende Gase streichen über den auf der Herdsohle liegenden Eiseneinsatz weg und bringen diesen zum Schmelzen, wobei durch die oxydirende Wirkung der Flammen Mangan und Silicium und bei manganarmem Eisen auch Eisen verbrennt. Das gebildete Eisenoxyd wirkt aber reduzirend auf den Kohlenstoffgehalt. — Für das Flammofenschmelzen ist demnach, um das Eisen vor stärkerem Abbrand und Verminderung des Kohlenstoffes zu schützen, ein Eisen mit grösserem Mangan- und Siliciumgehalt erforderlich. Der Abbrand beträgt 5—7 %. Phosphor wird im Flammofen nicht ausgeschieden. — Das im Flammofen erzielte Eisen ist meist dichter als das im Kupolofen geschmolzene, weil es infolge des geringeren Luftdrucks weniger Gase aufnimmt. — Bei Kupolöfen bester Ausführung und sorgsamsten Betriebes und unter Benützung besten Kokes sind für 100 kg Roheisen 4, gewöhnlich 5—7 kg Koks (ausschl. Füllkoks zum Anheizen), oder 6—10 kg mit Füllkoks erforderlich, bei Flammöfen mindestens 35, gewöhnlich 40—60—70 kg Steinkohle. — Tiegelöfen finden in der Eisengiesserei meist nur bei der Herstellung des Rohgusses für schmiedbaren Eisenguss Verwendung und zeigen dann dieselbe Bauart wie die in der Gelbgiesserei benützten (s. Giesserei). Die Tiegel, aus feuerfestem Thon, Graphit und zermahlenen alten Tiegeln hergestellt, werden mit Deckel versehen und ganz von glühendem Koks umgeben. Das Eisen ist auf diese Weise der Einwirkung des Kokes und der Verbrennungsprodukte vollständig entzogen; auch ist die im Tiegel eingeschlossene Luftmenge eine geringe, so dass der Sauerstoff derselben nur sehr untergeordnete Veränderungen im Eisen hervorrufen kann. Dennoch sind Veränderungen nicht ganz ausgeschlossen, hervorgerufen durch den Einfluss des am Eisen sitzenden Rostes, welcher von der Schlacke aufgenommen wird, und den Einfluss des Kohlenstoffes im Tiegel. Der Sauerstoff des Eisenoxyds tritt zuerst an Mangan und Silicium und bewirkt auch eine Verbrennung des Kohlenstoffs im Eisen. Später nimmt das hocherhitzte Eisen wieder Kohlenstoff aus der Tiegelwand auf; es wird ferner Silicium aus der Kieselsäure reduzirt, so dass am Ende das Eisen gewöhnlich kohlenstoff- und siliciumreicher ist. — Die Tiegel fassen meist nicht mehr als 25—30, selten bis 50 kg, um noch von einem Manne tragbar zu sein. — Für 100 kg Roheisen sind durchschnittlich 100 kg Koks erforderlich. Es stellt sich also das Schmelzen im Tiegel bezüglich des Brennstoffverbrauches am ungünstigsten, daher auch die seltene Anwendung in der Eisengiesserei.

Formerei. Zur Herstellung der Formen ist in sehr vielen Fällen ein getreues Abbild des Gussstückes erforderlich. Dies heisst Modell, wenn es zur Bildung der Aussenform, Kernkasten, Kerndrücker, wenn es zur Bildung der die Hohlräume des Gussstückes erfüllenden Kerne dient. Ist das Gussstück oder der Kern ein Rotationskörper oder so gebildet, dass die Gestalt durch Führung der Profillinie entlang einer Leitkurve entwickelt werden kann, so benützt man häufig eine Schablone, ein nach dem zu erzeugenden Profil ausgeschnittenes Brett, eine Eisen- oder Messingschiene, mit zugeschärfter Kante. Die Modelle werden zumeist aus Holz, vielgebrauchte aus Eisen oder Bronze hergestellt. Man wählt Holz des geringen Gewichtes, der leichten Bearbeitung und der Billigkeit wegen. Für gewöhnliche Modelle benützt man Kiefern-, Fichten- und Tannenholz, für bessere und zu Dreh- und Schnitzarbeiten Erlen- und Eschen-, Apfel-, Birn-, Pflaumen- und Kirschbaumholz. Das Holz muss vollkommen lufttrocken sein, damit Gestaltsänderungen durch Schwinden und Verziehen vermieden werden. Man speichert das Modellholz jahrelang in luftigen Schuppen oder in einem über der Modelltischlerei gelegenen Boden auf, um die in der Tischlerei herrschende, etwas höhere Temperatur auch zum Trocknen auszunützen. Auch Hängeboden in der Tischlerei selbst, U-förmige, hölzerne oder eiserne, am Deckgebälke befestigte Bügel, dienen demselben Zweck. Gutes Austrocknen allein schützt jedoch noch nicht genügend vor Gestaltsveränderungen. Ein Mittel, diese, wenn auch nicht vollkommen zu vermeiden, aber auf ein unschädliches Mass herabzudrücken, ist die Zusammensetzung der Modelle aus vielen kleinen Holzstücken, wobei diese mit Wechsel der Faserrichtung neben und über einander gelegt und verleimt werden. Sind die Holzstücke klein, so ist der Betrag des Schwindens oder Quellens an sich klein und die Neigung zum Verziehen gering. Das Schwinden ist in der Faserrichtung gering, stärker senkrecht zur Faser und am stärksten in der Richtung der Jahrringe — im Mittel etwa 0,1, 5 und 10 % beim Uebergang aus dem frischen in den lufttrockenen Zustand. Verwendet man lufttrockenes Holz in kleinen Stücken und lässt Hirnholz gegen Querholz stossen, so wird bei den Schwankungen des Feuchtigkeitsgehaltes der Luft die geringe Aenderung eines Stückes senkrecht zur Faser dadurch, dass die benachbarten Stücke in derselben Richtung nicht schwinden, zum Verschwinden gebracht. Um das Werfen zu verhindern, ist gerade gewachsenes Holz zu verwenden.

Als Beispiel diene die Anfertigung des Kranzes für ein Riemscheibenmodell (Fig. 1). Ein solcher Kranz ist dünn und leicht zu Gestaltsveränderungen geneigt. Ein unrunder Kranz liefert auch einen unrunden Abguss, und es könnte dann bei dem Abdrehen an einigen Stellen die Wandstärke so schwach werden, dass das Stück unbrauchbar ist. Um dies zu verhindern, bildet man den Kranz durch Aufeinanderleimen einzelner Ringe, deren jeder wieder aus einer grösseren Anzahl von Stücken besteht.

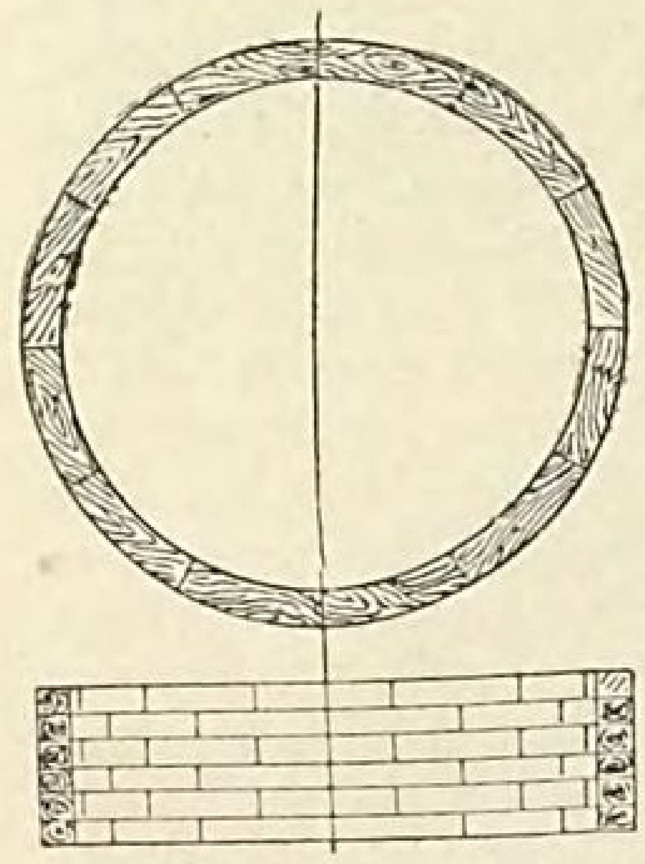


Fig. 1.

Endlich müssen die Holzmodelle vor der Aufnahme von Wasser aus dem feuchten Formsand geschützt werden, um Gestaltsveränderungen und ein Aufleimen zu verhüten. Man überzieht dieselben meist mit in Alkohol aufgelöstem Schellack oder billigem Siegellack.

Bei der Anfertigung der Modelle sind noch folgende Punkte zu beachten: 1. Die Modelle sind nach dem Schwindmass zu arbeiten. Beträgt das Schwindmass $^1/_{96}$, so muss das Modell für 1 m Länge des Gussstückes eine Länge von $\frac{96}{95} = 1{,}0105$ m erhalten. Diese Länge wird, wie bei dem Normalmeter, in 100 Teile und jeder dieser wieder in 10 Teile geteilt und bildet dann den Schwindmassstab für Gusseisen, welcher, nach allen Richtungen gebraucht, alle Abmessungen eines Modells dem Schwindmass entsprechend vergrössert auftreten lässt. — Werden gusseiserne Modelle nach Holzmodellen gegossen, ist das Schwindmass zu verdoppeln; die Längeneinheit also 1,021 m statt 1 m. — 2. Die Modelle sind, wenn sie sich nicht als Ganzes aus der Form heben lassen, in einzelne, aushebbare Teile zu zerlegen, zu schneiden. Ausnahmen davon ergeben sich durch besondere Kunstgriffe bei dem Formen. Die einzelnen Teile eines Modells werden durch Holz- oder Metalldübel so mit einander verbunden, dass ihre gegenseitige Lage eine vollkommen gesicherte ist. Die Zahl der Teile wählt man so klein als möglich, um an Modell- und Formarbeit und Kosten zu sparen und die Widerstandsfähigkeit so wenig als möglich zu beeinträchtigen. Sache des Modelltischlers ist es, das Schneiden der Modelle vorzunehmen. Er muss sich über die Lage der Teilflächen klar sein, ehe die Herstellung des Modells beginnt. Fig. 2 stellt das Modell eines Rohrstutzens dar, welches durch einen Schnitt nach 1, 2 geteilt ist. Die Herstellung erfolgt in der Weise, dass man zunächst zwei Holzstücke der punktirten Gestalt mit Dübeln *c*, *c* versieht, dann in Richtung 1, 2 unter Einlegung eines dünnen Papierblattes zusammenleimt und abdreht. Die beiden Warzen *a* und *b* werden besonders gedreht, aufgestiftet und verleimt.

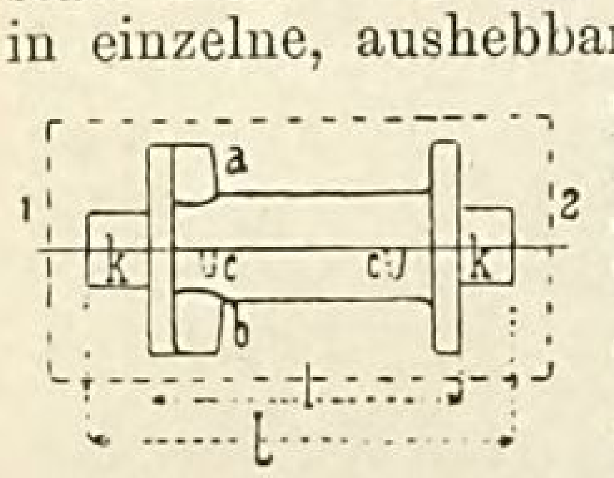


Fig. 2.

Durch Eintreiben einer Messerklinge oder eines Stemmeisens in die Leimfuge sprengt man die Modellhälften aus einander. Teilung des Modells durch einen Sägeschnitt ist wegen des dabei auftretenden Holzverlustes, wodurch das Modell unrund werden würde, unzulässig. Das vorliegende Modell könnte man auch noch durch einen Schnitt in der Bildfläche teilen; dann müsste man die Warzen *a* und *b* teilen und jede Hälfte besonders ansetzen, wodurch das Modell verteuert und ausserdem die Gefahr, die Warzenhälften bei dem Einstampfen des Sandes abzubrechen, vergrössert würde. — 3. Grössere Flächen, welche senkrecht zur Trennungsebene des Modells oder parallel zu der Richtung stehen, in welcher Modell und Form von einander gelöst werden, sind konisch zu gestalten oder mit Anzug zu versehen, um das Lösen aus der Form zu erleichtern und Beschädigung derselben zu vermeiden. Fig. 3 stellt das Modell einer breiten, geraden Riemscheibe dar. Würde man den Kranz überall gleich dick und die Nabe cylindrisch machen, so bliebe bei dem Abziehen des Oberkastens vom Modell oder des Modells aus dem Unterkasten in Richtung der Pfeile 1|1 die Form sehr lange in Berührung mit den Modellflächen, wodurch die Formwände leicht beschädigt und das Abheben selbst ausserordentlich erschwert werden würde.

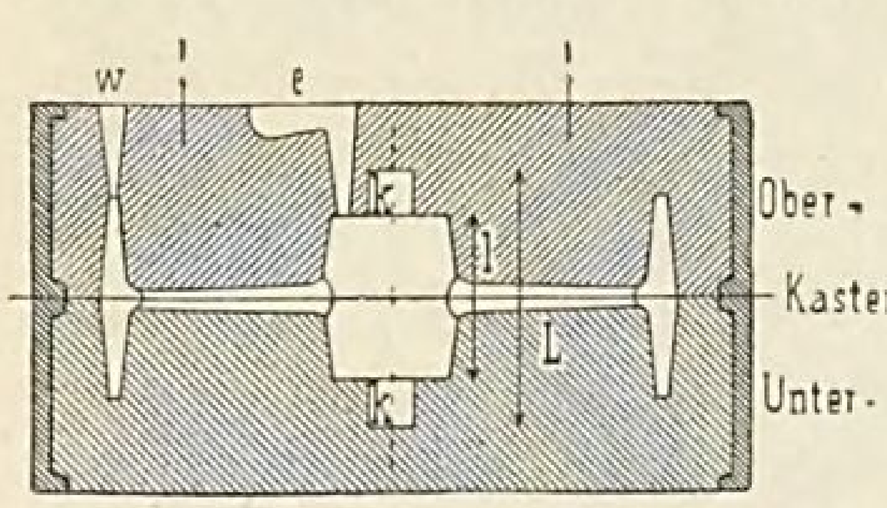


Fig. 3.

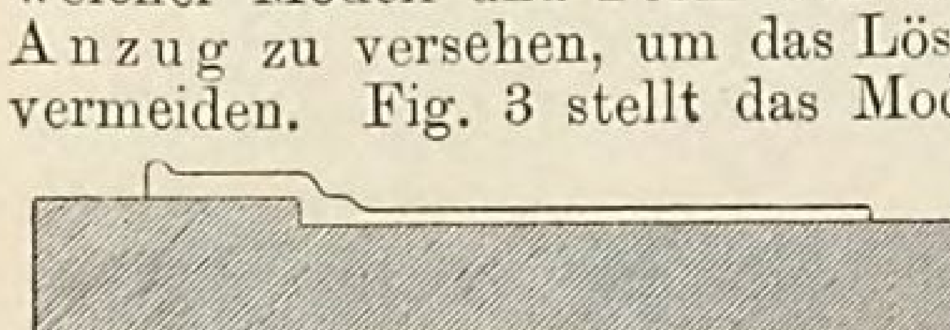


Fig. 4.

Man setzt den Querschnitt des Kranzes aus zwei Trapezen und die Nabe aus zwei Kegelstumpfen zusammen, wodurch alle Schwierigkeiten gehoben sind, da, sobald der Oberkasten oder das Modell etwas gehoben ist, die Berührung zwischen Formwand und Modell aufhört. Der Anzug, die Dickenzunahme, beträgt bei sehr glatten Metallmodellen $^1|_2$—1 mm auf 1 m, bei Holzmodellen 20—25 mm auf 1 m Länge. Durch den Anzug wird bei der späteren Bearbeitung allerdings die Abnahme einer etwas grösseren Schicht erforderlich, doch ist dies ökonomisch vorteilhafter. — 4. Am Modell sind Kernmarken (*k*, *k* in den Fig. 2 und 3) anzubringen, wenn das Gussstück Hohlräume enthält. Die Kernmarken bilden bei dem Abformen die Kernlager zur Aufnahme der Kerne, welche länger gemacht werden müssen, als der Hohlraum im Gussstück erfordert. Die Kerne für die Modelle Fig. 3 und 4 erhalten die Länge *L*, während die Länge des betreffenden Teils des Gussstückes nur *l* ist. Damit der Former die Kernmarken sofort als solche erkennt, streicht man die Stirnflächen derselben meist schwarz an; auch gibt man auf den Schnittflächen geteilter Modelle gewöhnlich die Gestalt des Kernes durch eine schwarz angelegte Fläche (Fig. 4) an, damit darnach die Schablone für das Abdrehen des Kernes hergestellt werden kann. — 5. Plötzliche Querschnittsänderungen sind nach Möglichkeit zu vermeiden, um das Auftreten von inneren Spannungen

und die Entstehung von Haarrissen (Hartborsten) zu verhüten. Da, wo sich solche Querschnittsänderungen nicht vermeiden lassen, sind die Uebergänge zu vermitteln. Bei der Riemscheibe ist der Uebergang zwischen Armen und Kranz und Nabe, wie Fig. 3 zeigt, durch sanfte Bögen vermittelt. So wird in ähnlichen Fällen immer verfahren. Zur Erklärung des Auftretens innerer Spannungen dienen Fig. 5 und 6, welche die Form für ein Schwungrad darstellen. Ist der mittlere Halbmesser des eingeformten Kranzes R, so ist der Halbmesser r des erkalteten Gussstückes, wenn mit φ das Schwindmass bezeichnet wird, $= \frac{R\pi\,(1-\varphi)}{\pi} = R\,(1-\varphi)$. Die Armlänge des erkalteten Gussstückes ist $R\,(1-\varphi)$, also ebenso gross. Es ist dabei jedoch vorausgesetzt, dass während der Abkühlungsperiode zu gleichen Zeiten überall dieselbe Temperatur herrscht. Das ist aber nicht der Fall. Die Arme erstarren und erkalten wegen der geringen Masse und grösseren Abkühlungsoberfläche früher als Kranz und Nabe. Infolge dessen wird zu irgend einem Zeitpunkte die Armlänge kleiner sein als der mittlere Halbmesser des Kranzes, wodurch in den Armen Zugspannungen auftreten, denen das Eisen besonders in glühendem Zustand sehr wenig Widerstand zu leisten vermag. Die Arme werden dadurch an der schwächsten Stelle dicht vor dem Kranze stark beansprucht; es können völlige Zerreissungen oder aber nur Haarrisse auftreten, welche das Gussstück zu Ausschuss werden lassen. Um dies zu verhüten, giesst man, besonders bei grösserem Durchmesser des Stücks, die Nabe durch, d. h. man gibt der Nabe so viel Sektoren, als Arme vorhanden sind, indem man in die Form mit Lehmwasser überzogene Blechplatten a einsetzt. Dadurch kann jeder Arm der Zusammenziehung des Kranzes frei folgen. Man beobachtet bei einem solchen Gussstück, dass sich während der Abkühlung zunächst zwischen Nabensektoren und Platten a Fugen öffnen später aber wieder schliessen. Ein anderes Mittel ist, die Arme C- oder S-förmig zu krümmen. Dieselben erfahren dann schwache Beanspruchung auf Biegung, die aber weit weniger nachteilig ist wie Zugbeanspruchung. — 6. Die mit dem Formmaterial in Berührung kommenden Flächen des Modells müssen möglichst glatt sein, um die Reibung bei dem Abheben zu vermindern. Holzmodelle erhalten Glätte durch saubere Bearbeitung und Anstrich; Metallmodelle werden sauber geschlichtet.

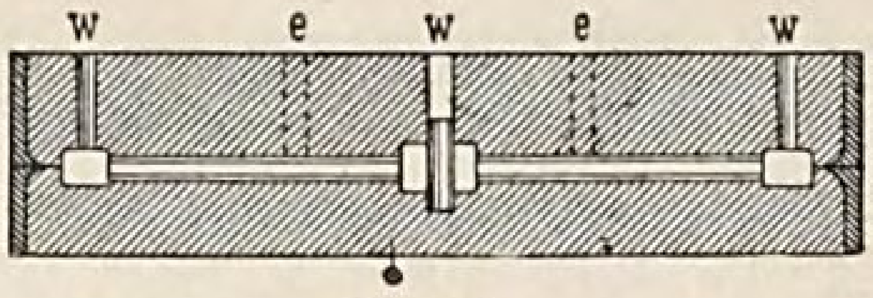


Fig. 5.

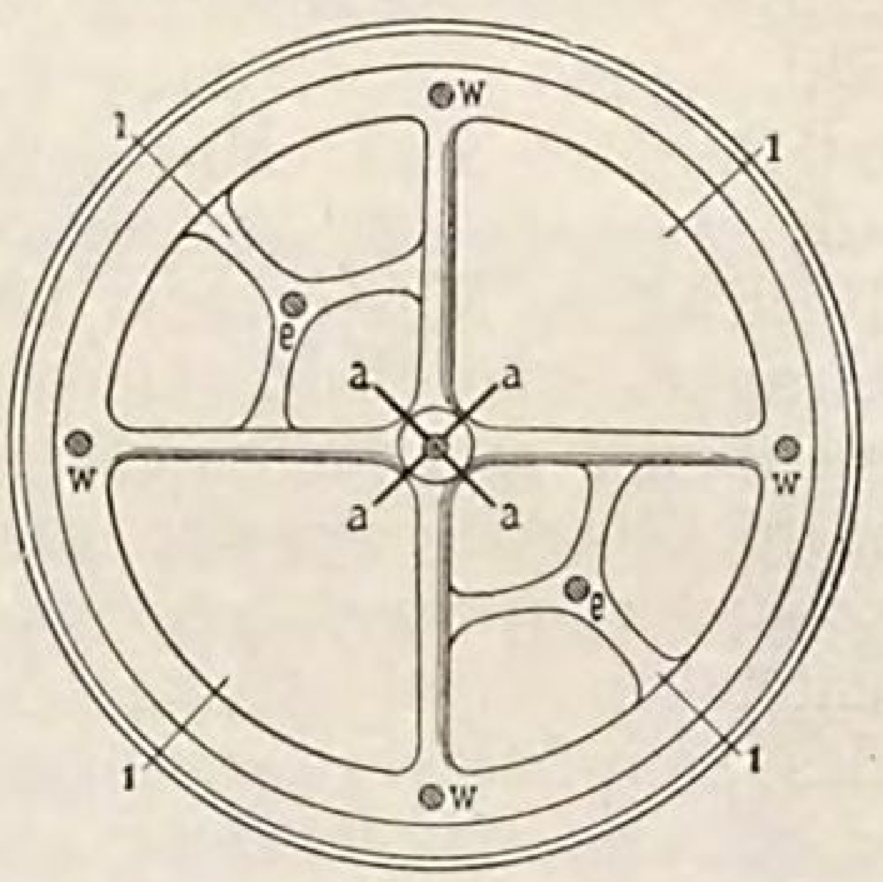


Fig. 6.

Die Formmateriale. Zur Herstellung der Formen dienen in der Eisengiesserei Sand, Masse und Lehm und für Hartguss auch Gusseisen. Der Formsand ist ein Quarzsand mit mehr oder weniger Thongehalt. Sand mit etwa 5 bis 10 % Thon heisst magerer oder grüner, Sand mit 15 und mehr Prozent Thon fetter Sand oder Masse. Der Formsand wird gegraben oder durch Mahlen von Sandstein gewonnen. Er muss bildsam und durchlässig sein. Bildsam wird derselbe, d. h. er lässt sich in mehr oder weniger widerstandsfähige Formen pressen durch einen geringen Wasserzusatz. Die Bildsamkeit prüft man durch Kneten einer Kugel in der Hand und Zerbrechen, wobei nur zwei Stücke entstehen dürfen, oder durch Fallenlassen aus einiger Höhe auf den Tisch. Klebt der Sand beim Kneten an die Hand an, ist er zu feucht. Der Sand muss durchlässig sein, damit die bei dem Eingiessen entstehenden Gase und Dämpfe einen Ausweg durch die Form finden und der Guss nicht blasig wird. Je grösser der Thongehalt, um so geringer ist die Durchlässigkeit, aber um so grösser die Bildsamkeit. Beides wird ausserdem noch wesentlich beeinflusst durch die Korngestalt.

Sand mit scharfkantigen, unregelmässig gestalteten Körnern ist bildsamer und durchlässiger als Sand mit rundlichen Körnern. Feiner Sand ist weniger durchlässig als grober. Die Korngrösse hängt jedoch wesentlich von dem gewünschten Aussehen des Gussstückes ab; feiner Sand liefert eine glatte, grober eine rauhe Gussoberfläche. Mit Rücksicht auf die geringe Durchlässigkeit feinen Sandes in dickerer Schicht verfährt man deshalb, wenn glatte Oberfläche gewünscht wird, so, dass man das Modell zunächst mit einer dünnen Schicht feinen Sandes umgibt und dann groben Sand folgen lässt. Gutes Aussehen des Gusses bedingt ferner gleichmässige Korngrösse im Formsand.

Um das Anbacken (Ansintern, Anfritten) des Sandes an das Eisen zu verhüten, setzt man dem Sande 10—12 % Steinkohlenmehl zu. Die Kohlenteilchen werden bei Berührung mit dem flüssigen Eisen unter Gasentwicklung verkokt und jedes Sandkörnchen mit einem Gasmantel umgeben, welcher das Anbrennen der bei der hohen Temperatur teigig werdenden Quarzkörnchen verhütet. Zu demselben Zweck werden ausserdem die mit dem Eisen in Berührung kommenden Formwände mit Kohlenstaub eingepudert oder mit Graphitwasser

bestrichen. — Nasser Sand bindet oder steht nur, so lange er feucht ist; Formen daraus müssen als noch nass vergossen werden. Dabei entsteht Wasserdampf, welcher abgeleitet werden muss; es ist also auch mit Rücksicht darauf eine grössere Durchlässigkeit erforderlich. Die Gussstücke erhalten infolge raschen Erstarrens einer dünnen Kruste an der feuchten Formwand eine harte Gusshaut, welche erst mit dem Meissel entfernt werden muss, wenn das Stück befeilt werden soll. Formen aus fettem Sande werden getrocknet, um das Wasser zu entfernen und die Durchlässigkeit zu erhöhen. Aus Sparsamkeitsrücksichten verwendet man den Sand so oft als möglich; da derselbe jedoch bei jedem Guss an Bindkraft verliert, muss vor jeder neuen Verwendung 10 bis 50 % frischer Sand zugesetzt werden. — Masse wendet man in der Eisengiesserei an, wenn das Formen längere Zeit in Anspruch nimmt, wenn die Form widerstandsfähiger entweder gegen höheren Druck oder gegen Stoss beim Füllen sein muss, oder wenn bei dem Zusammenbau leichter Beschädigungen zu fürchten sind. Masse sintert weniger leicht an und schreckt das Eisen nicht ab, weshalb bei Masseguss die Gussstücke keine harte Gusshaut erhalten. — Recht fette Masse muss häufig durch Zusatz von Sand gemagert werden; Koks-, Graphit- oder Holzkohlenstaub wird aus demselben Grunde zugesetzt wie Kohlenstaub bei grünem Sande. Der Lehm. Formen aus Lehm, welcher mit weit mehr Wasser versetzt zur Anwendung kommt, so dass er teigig ist, müssen scharf getrocknet werden. Dabei schwindet der Lehm ziemlich stark, und es entstehen leicht Risse. Ausserdem ist der Lehm sehr wenig durchlässig. Um das Schwinden zu vermindern und die Durchlässigkeit zu erhöhen, setzt man organische Substanzen, am meisten Pferdedünger, schon etwas verrottet, oder für feinere Arbeiten Kuhdünger oder gehackte Kuhhaare zu. Als billiger Ersatz dienen zuweilen Torfmehl, Gerberlohe, Spreu. Diese organischen Bestandteile werden bei dem Scharftrocknen der Formen oder Kerne schon stark zerstört, wodurch Kanäle für den Durchgang von Gasen und Dämpfen entstehen. — Der Lehm besitzt die grösste Bildsamkeit und kann deshalb leicht aus freier Hand oder mit Schablonen geformt werden. Er dient heute meist nur zur Anfertigung von Kernen, während die Formen, für welche früher Lehm verwendet wurde, der Billigkeit halber aus Masse angefertigt werden. — Die Zurichtung (Aufbereitung) des trockenen Sandes oder der Masse besteht meist nur im Mahlen in Trommel- oder Kugelmühlen, die auch für Koks und Steinkohle benützt werden oder in Kollergängen. Das Mischen geschieht durch Umschaufeln oder mit Hilfe besonderer Maschinen nach Art der Schleudermühlen (s. Desintegratoren). Der Lehm wird, wenn derselbe gröbere Steinchen enthält, geschlämmt oder trocken im Kollergang gemahlen, dann zum Mischen mit Pferdedünger u. s. w. mit Holzstäben geschlagen oder mit den Füssen getreten, oder endlich in einer Mischmaschine nach Art der Thonschneider der Ziegelmaschinen (s. d.) bearbeitet. — Das Formen geschieht entweder auf der Sohle der Giesshütte, dem Herde (Herdformerei) oder in Kästen (Kastenformerei). Bei der Herdformerei, welche nur für flache Gegenstände anwendbar ist, wird der Boden der Giesshütte aufgelockert, mit Formsand in erforderlicher Höhe besiebt und dessen Oberfläche mit Richtscheit und Wasserwage wagrecht gelegt. Hierauf legt man das Modell auf, klopft es mit dem Hammer ein, überzeugt sich, wenn der Rücken desselben mit der Sandoberfläche zusammenfällt, ob das Modell noch wagrecht liegt und stampft mit Hilfe besonderer verschiedenartig gestalteter eiserner Stampfen den Sand fest an die Modellkanten heran. Dieser Weg ist jedoch nur beschreitbar, wenn das Modell gitterartig durchbrochen ist, wie z. B. bei einem Ofenrost, so dass der verdrängte Sand auch seitlich ausweichen kann, oder wenn das Modell dünn ist. Ist das Modell bei einiger Dicke undurchbrochen, so würde, wollte man es vollständig eindrücken, der Sand undurchlässig und der Guss blasig werden. Man drückt in diesem Fall das Modell nur halb ein, hebt es heraus, gräbt, dem Abdruck entsprechend, Sand heraus und drückt es dann ein zweitesmal bis zur vollen Tiefe ein, oder man dämmt, wenn es halb eingedrückt ist, seitlich Sand ein, um der Form volle Höhe zu geben.

Fig. 7 stellt eine in verdecktem Herdguss geformte Platte dar. Die Form ist abgedeckt mit einer gusseisernen an der Unterseite mit Lehmwasser bestrichenen Platte, welche durch Eisenbarren beschwert wird, um ein Abheben bei dem Eingiessen zu verhindern. Damit die schwere Platte die Form nicht verdrückt, ruht dieselbe auf ausserhalb eingebetteten Leisten auf, wie durch die Punktirung angegeben. Die Leisten *a*, welche in dem Gussstück Falze entstehen lassen, bestehen aus schmiedeeisernen mit Lehmwasser oder Graphit überzogenen Stäbchen; *e* ist der Einguss, *w* ein Kanal zur Abführung von Gasen und Dämpfen. Um die Ableitung der Gase von der grossen Unterfläche der Form zu erleichtern und die Entstehung blasigen Gusses zu verhüten, wird ausserdem mit langen, geraden oder krummen Nadeln von allen Seiten her eingestochen (s. Fig. 7); in einzelnen Fällen zieht man auch Strohseile unter der Form durch, deren Enden seitlich zu Tage treten.

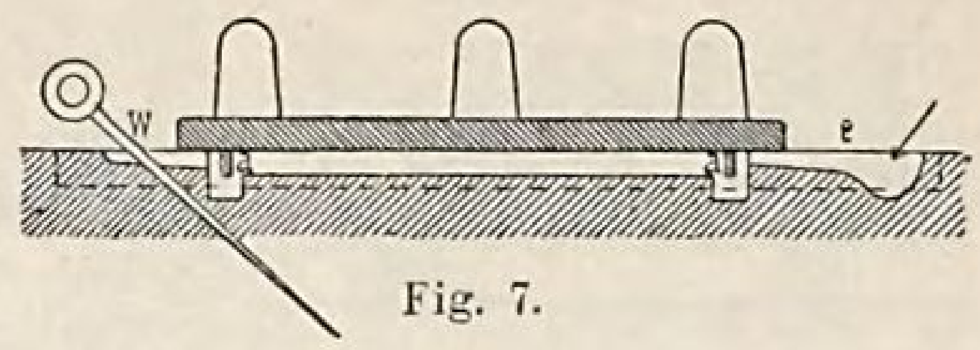
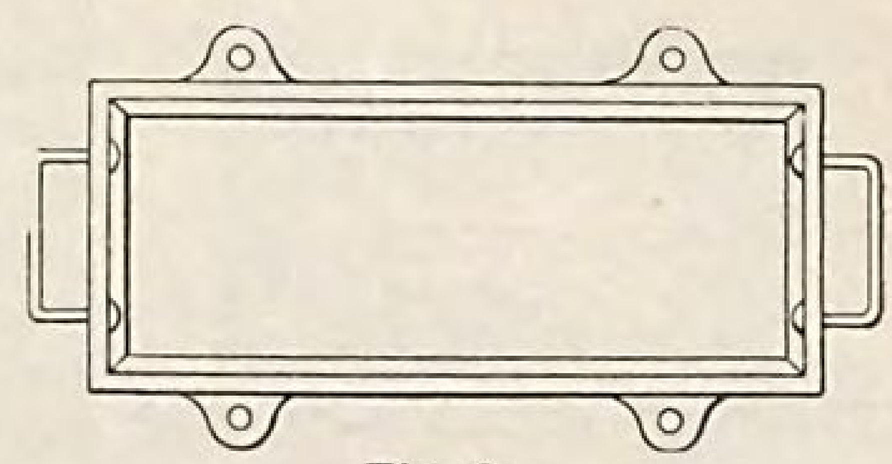


Fig. 7.

Wird die Form nicht abgedeckt (offener Herdguss), so bleibt der Rücken des Gussstückes rauh und löcherig und die Kanten runden sich stark ab. Auch Kerne werden häufig benützt, um Durchbrechungen zu bilden, und enthält das Modell dann die entsprechenden Kernmarken. Die Kastenformerei wird in der Eisengiesserei am meisten angewendet. Die Formkästen (Flaschen, Laden) sind meist gusseiserne Rahmen; selten verwendet man Flaschen aus Schmiedeeisen, weil dieses zu elastisch ist und den Einflüssen der Feuchtigkeit zu wenig widersteht. Hölzerne Formkästen werden der geringen Widerstandsfähigkeit und des leichten Verbrennens wegen nur ausnahmsweise, wenn ein passender eiserner Kasten nicht vorhanden ist, angewendet. Die Formkästen erlauben, da sie beweglich sind, das Vergiessen an anderer Stelle vorzunehmen als das Formen; sie lassen sich leicht aus einander nehmen und zusammensetzen, können zwei- und mehrteilig ausgeführt werden, geben der Form selbst eine sichere Stützung, sowohl während des Formens als während des Giessens, und erlauben, das Formen selbst in bequemerer Lage als bei der Herdformerei vorzunehmen.


Fig. 8.

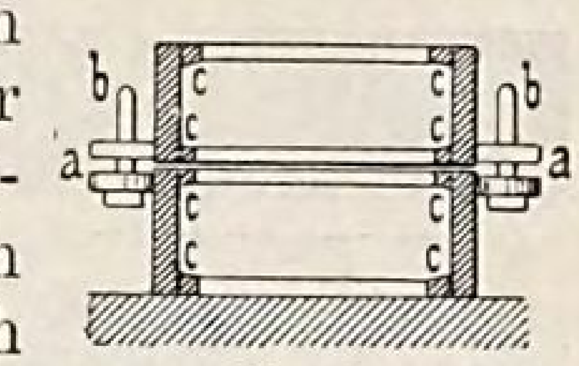
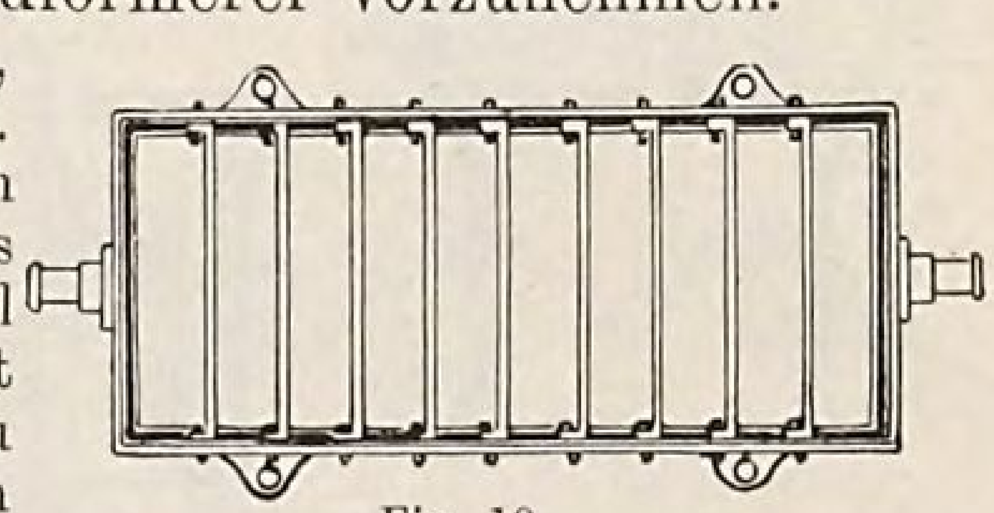


Fig. 9.

Die Fig. 8 und 9 stellen einen kleinen zweiteiligen, Fig. 10 einen grösseren, Fig. 11 einen vierteiligen Kasten dar. Die gegenseitige Lage der Kastenteile ist (Fig. 8 und 9) durch Ohren *a* und Rundeisenstifte (Dübel) *b*, das Herausfallen des Sandes durch die Sandleisten *c* gesichert. Durch die Dübel wird, wenn Teile des Modells in jeder Kastenhälfte abgeformt werden, erreicht, dass die Vertiefungen bei dem Zusammenbau der Form wieder scharf auf einander passen. Das Einformen des Modells (Fig. 2) in diesen Kasten vollzieht sich folgendermassen. Die Modellhälfte ohne Dübel wird auf das Formbrett (Fig. 12) gelegt, der Unterkasten darüber gebaut, mit Sand voll gestampft und abgestrichen, so dass der Sandrücken in die Ebene 1/1 fällt. Nun kehrt man den Kasten mit dem Formbrett um, damit das Modell nicht heraus fällt, legt die andere Modellhälfte auf die bereits eingeformte, beutelt trockenen Sand auf die Oberfläche des Sandes im Unterkasten, um zu verhüten, dass die Sandkörper im Unter- und Oberkasten zusammenhaften, setzt den Oberkasten auf und stampft diesen voll Sand, wobei zugleich schlankkegelförmige Modelle für den Einguss *e* und die Windpfeife *w* mit eingeformt werden. Nach Entfernung dieser klopft der Former mit einem Hammer von allen Seiten an den Oberkasten, um den Sand etwas vom Modell zu lösen, und hebt den Oberkasten ab, was möglichst gleichmässig und ohne Erschütterungen geschehen muss. Die obere Modellhälfte bleibt dabei gewöhnlich auf der unteren liegen und wird abgehoben. Dann schraubt man in die untere Modellhälfte je nach der Grösse und Gestalt 1,2 und mehr Schraubösen (Modellheber) ein, klopft gegen diese leicht von allen Seiten, damit das Modell etwas im Sande hin- und herrückt und hebt dasselbe aus. Die aus einander genommene Form wird nachgesehen und, wenn nötig, mit Hilfe besonderer Werkzeuge (Spatel, Löffel, Sandheber, Streichbrettchen u. s. w.), von denen eine ganze Anzahl von verschiedener Grösse und Gestalt vorhanden sind, ausgebessert und geglättet; Sandkörnchen bläst man mit einem Blasebalg heraus. Die Kanten der Form, welche schneller austrocknen, werden mit einem Wasserpinsel noch einmal genetzt; Teile, welche durch den Metallstrom abgebröckelt werden könnten, erhalten schon vor dem Abziehen des Modells Befestigung durch eingesteckte lange, dünne Drahtstifte. Endlich wird die Form mit Kohlenstaub eingepudert oder mit Graphitwasser angestrichen, der Kern in den Unterkasten eingelegt, der Oberkasten aufgesetzt, und die Form ist jetzt, wenn sie noch beschwert wird (s. u.), zum Vergiessen fertig.


Fig. 10.

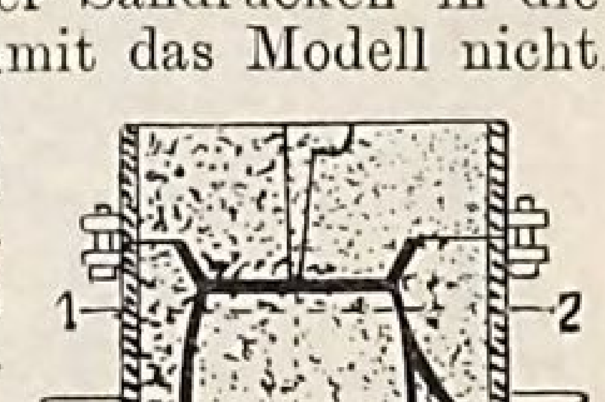


Fig. 11.

Grössere Formkästen erhalten neben den Sandleisten eingegossene oder eingesetzte und irgendwie befestigte Zwischenwände (Stege) (Fig. 10), welche verhindern, dass der Sand bei dem Aufheben und Wenden des Kastens durchsackt oder herausfällt. Sind die Kästen zu schwer, um vom Former bewegt zu werden, gibt man ihnen, wie Fig. 10 zeigt, Zapfen, damit dieselben mit dem Kran aufgehoben und in den Zapfen gedreht (geschwenkt) werden können. Der vierteilige Formkasten (Fig. 11) besteht aus Unterkasten, zweiteiligem Mittelkasten und Oberkasten. Das Modell selbst ist zwei-, zuweilen auch dreiteilig (der Boden nach Linie 1,2 abgetrennt, um das Abheben vom Kern zu erleichtern), die Henkelmodelle sind zweiteilig. Das Einformen geschieht wie folgt: Modell mit angesetztem Henkel im Mittelkasten, Mündung nach unten, wobei die Trennung des Sandkörpers in den beiden Kastenhälften durch eingelegte Weissblechschablonen, die sich dem Topfumriss genau anschliessen, bewirkt wird; Umstürzen, Einformen des aufgesetzten Unterkastens mit dem Kern, Umstürzen, Einformen des aufgesetzten Oberkastens. Abnehmen des Oberkastens, der Hälften des Mittelkastens, des Bodenmodells und der Wandmodelle, Herausziehen der Henkelmodellstücke aus dem betreffenden Mittelkastenteil, Ausbessern, Einpudern und wieder Zusammensetzen (Topf- oder Potterie-Formerei). In Fig. 14 ist noch das Einformen einer Schnurstufenscheibe dargestellt, bei welcher das Schneiden des Modelles ausserordentliche Schwierigkeiten bietet. Man umgeht diese, wenn man um den Kranz einen zwei- oder dreiteiligen Ring (Ballen) aus Masse formt und diesen dann mit dem Modell abformt. Auch mit einer Schablone lässt sich eine solche Scheibe leicht formen, wobei noch die Kosten für ein volles Modell gespart werden. Die Gestalt der Formkästen soll sich zur Ersparung an Formarbeit durch Aufwendung einer geringsten Sandmenge möglichst an die Gestalt des Gussstückes anschliessen. Es gilt dies namentlich bei Herstellung von Massenartikeln, in welchen Fällen häufig ganz besondere Formkästen angefertigt werden. Die Fig. 15 und 16 stellen den cylindrischen Formkasten für ein Muffenrohr dar, welches stehend mit dem Muff nach unten eingeformt werden soll, um diesen möglichst dicht und fest zu erhalten. Der Formkasten ist zweiteilig; der eine Teil ist an einem Träger über einer Grube der Giesshütte (Dammgrube) oder an einer Bühne befestigt, so dass das untere Ende etwa 1 m hoch über der Sohle liegt. Das Modell ist aus Gusseisen, der Schaft aus dem Ganzen, der Muff als besonderes Stück. Das Rohrmodell wird nach dem Einformen nach oben, der Muff nach unten abgezogen. In den schmalen, ringförmigen Raum zwischen Modell und Formkasten wird der Sand mittelst langer hölzerner Stäbe von flach-elliptischem Querschnitt durch einen oder mehrere Arbeiter gestampft, welche dann, damit der Sand gleichmässig verdichtet wird, beständig sich um die Form herumbewegen. Vor dem Abziehen der Modellteile werden diese etwas hin- und hergedreht, um die Sandoberfläche zu glätten und etwas Luft zu schaffen. Der Kern ist ebenfalls zweiteilig; Fig. 17 zeigt die Herstellung des Massekernes für den Muff mit Hilfe einer Schablone. Fig. 16 endlich zeigt die fertig zusammengebaute Form, welche mit einem Mindestaufwand an Sand erstellt ist.

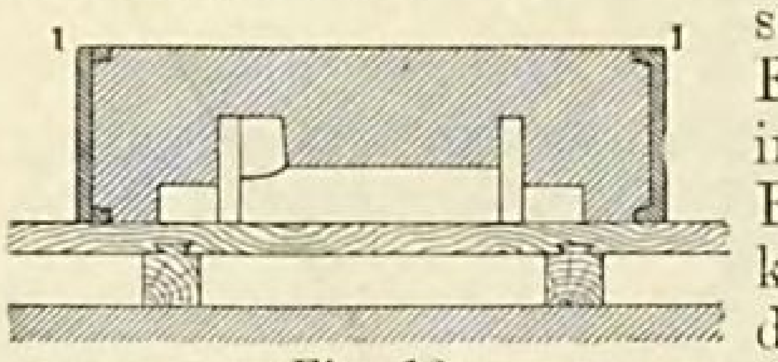


Fig. 12.

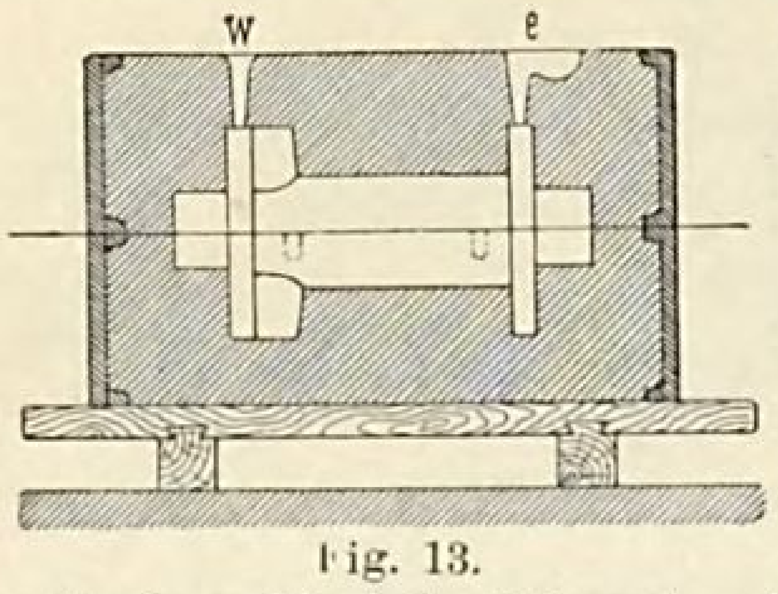


Fig. 13.

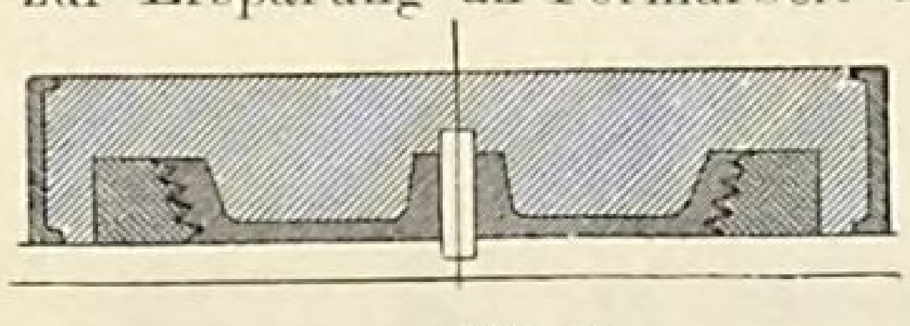


Fig. 14.

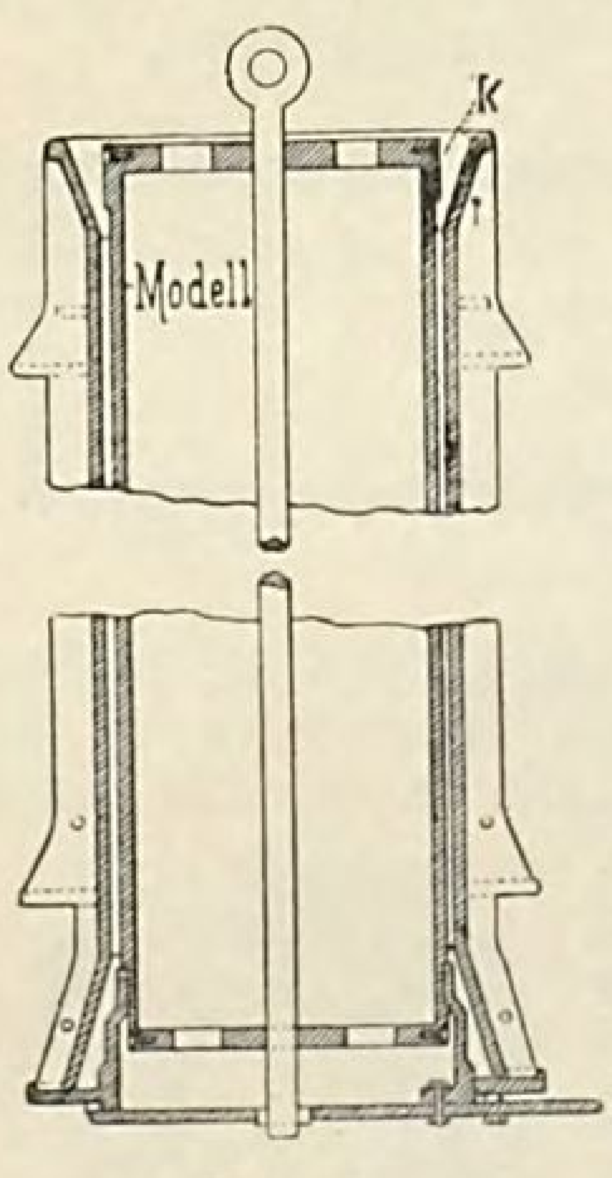


Fig. 15.

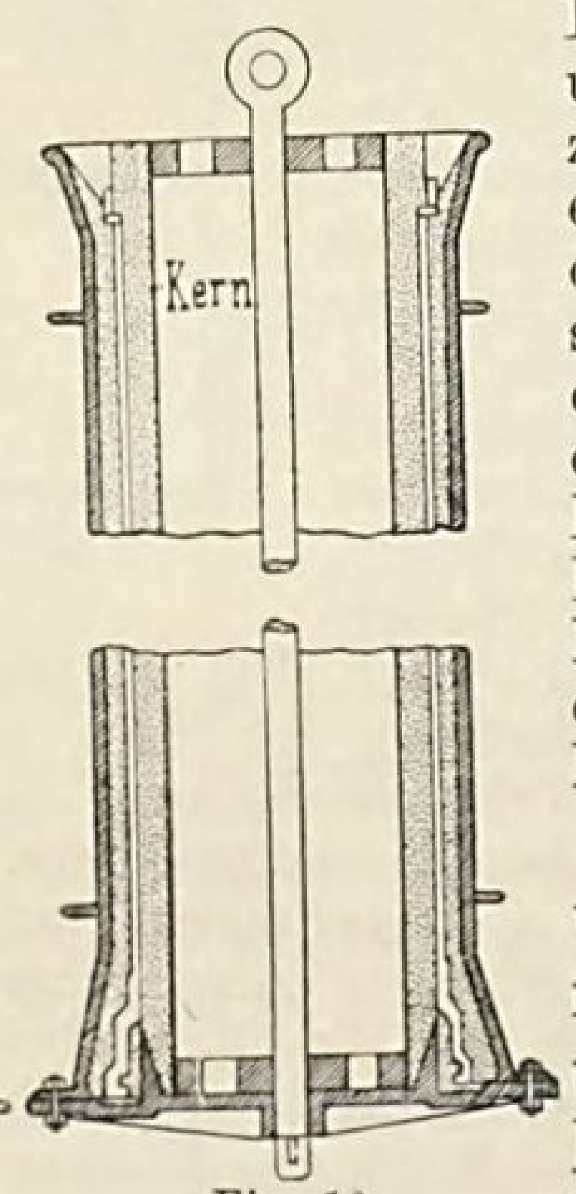


Fig. 16.

Herstellung der Kerne. Die Kerne werden stets aus Masse oder Lehm angefertigt, da sie scharf getrocknet werden müssen, um die Entstehung blasiger Güsse zu verhüten. Kleine Massekerne fertigt man mit Hilfe von Kerndrückern oder Kernkästen an. Fig. 18 stellt einen solchen für den Kern des Rohrstutzens (Fig. 2) dar. Der Kernkasten ist zweiteilig, um den Kern leichter herausnehmen zu können. Während des Formens werden die beiden durch Schraubzwingen zusammengehaltenen Teile senkrecht auf das Formbrett gestellt und der Hohlraum mit Masse vollgestampft. Dünne Kerne, welche unter Wirkung des Eigengewichtes oder des Druckes des flüssigen Metalles sich verdrücken oder brechen würden, versteift man durch Einlegen von Drähten oder Blechstreifen. Der Kern (Fig. 2) kann bei etwas grösserem Durchmesser auch mittelst Schablone hergestellt werden. Um eine eiserne Spindel wird eine Lage Strohseil gewickelt, hierauf fette Masse getragen und mit der Schablone abgedreht. Zieht man die Spindel heraus, ist der Kern für die Ableitung der Gase hohl.

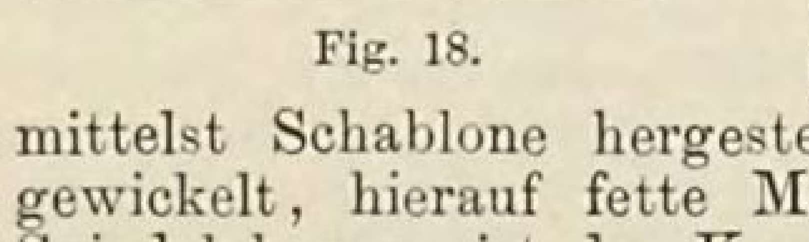


Fig. 18.

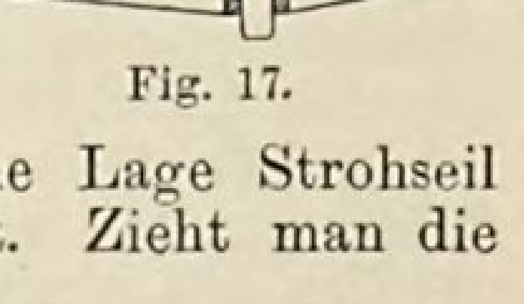


Fig. 17.

Grössere, vor allem längere Kerne, welche nur an den Enden gelagert werden können, erhalten immer zur Stützung Kernspindeln oder Kernrohre. Die Kernspindeln für kleinere Durchmesser sind massive Stäbe mit Kreuz-

querschnitt, der Luftabführung wegen, oder gelochte Gasrohre, für grössere Kerne gusseiserne, vielfach gelochte oder geschlitzte, auf einer Spindel befestigte Rohre (vergl. Fig. 16) in Anwendung, deren Aussendurchmesser so bemessen wird, dass wiederum ein geringster Aufwand an Formarbeit nötig ist. Wollte man nun Masse oder Lehm unmittelbar auf die eiserne Kernspindel oder das Rohr tragen, gibt der Kern bei der Zusammenziehung des Gussstückes nicht nach. Man bewickelt deshalb die Kernrohre mit ein oder zwei Lagen Stroh-, Heu- oder Holzwollseil, hergestellt von Hand oder mittelst Seilspinnmaschinen, trägt darauf Masse oder Lehm auf und dreht mit einer Schablone auf der Kerndrehlade ab. Die Spindeln der Kernrohre sind länger als die Kerne und mit angedrehten Zapfen versehen, welche während des Abdrehens der Kerne in einfachen Lagern liegen. Durch Aufstecken einer Kurbel auf das vierkantige Ende der Spindel werden die Kerne von Hand in Drehung versetzt.

Die Masse- oder Lehmschicht wählt man so dünn als möglich, einmal, um an Formarbeit zu ersparen und die Durchlässigkeit zu erhöhen, dann aber, um ein Zerdrücken derselben bei dem Schwinden des Gussstückes ohne allzu viel Widerstand geschehen zu lassen Ist die Lehmwand dünn, so verkohlt die darunter liegende Strohseilschicht während des Vergiessens und es wird Raum für den beim Schwinden des Gusses zerdrückten Kern. Die sich bildenden Gase und Dämpfe entweichen durch die Löcher und Schlitze des Kernrohres.

S t ü t z u n g d e r K e r n e. Leichtere Kerne wie der Kern (Fig. 2) werden ohne weiteres in den Kernlagern gelagert. Bei schwereren Kernen, welche die Kernlager verdrücken könnten, und bei solchen, die nicht ohne weiteres sicher in den Kernlagern ruhen, müssen noch besondere Vorkehrungen getroffen werden. Es werden dann zur Stützung die Wände der Formkästen herangezogen, in denen man Lager für die verlängerten Kernspindeln anbringt, ein Fall, der auch bei nur einseitig austretenden Kernen häufig vorkommt.

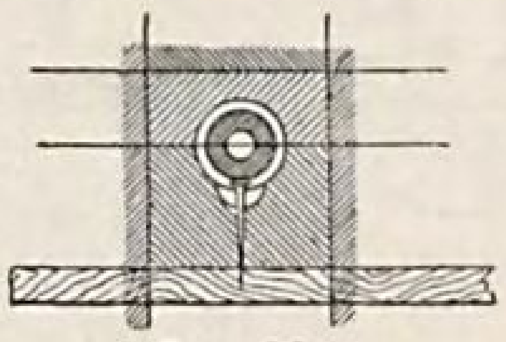

Fig. 20.


Fig. 20 a.

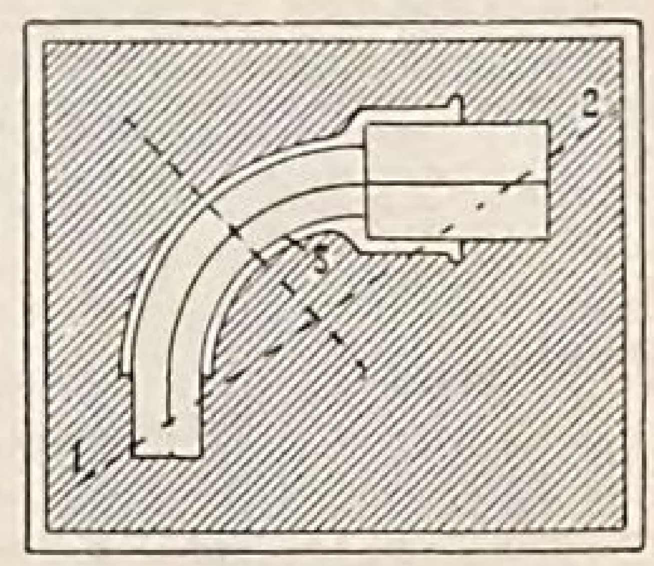


Fig. 19.

Die Fig. 19 und 20 zeigen die Form für einen Muffenrohrkrümmer. Der Schwerpunkt *s* des Kerns liegt ausserhalb der Stützlinie 1, 2 und es wird sich infolge dessen leicht eine Senkung des Kerns einstellen, welche zu ungleichen Wandstärken führt. Man wendet in diesem Falle einen K e r n n a g e l (Fig. 20) oder eine K e r n s t ü t z e (Fig. 20 a) an. Die Kernnägel sind verzinnt, tragen den Kern mit dem breiten Kopf und werden bis in das Formbrett eingeschlagen. K e r n t r ä g e r wendet man an, wenn zu fürchten ist, dass der Nagelkopf sich in den Kern einpresst. Damit das Rohr an dem Kernnagel auch dicht ist, wird gewöhnlich (Fig. 20) um den Nagel herum eine halbkugelige Vertiefung eingeschnitten, wodurch das Gussstück eine entsprechende Warze erhält

M o d e l l- o d e r F o r m p l a t t e Hat man ein und denselben Gegenstand oder eine Anzahl zusammengehöriger wiederholt abzuformen, so wendet man eine Modellplatte nach Fig. 21. an.

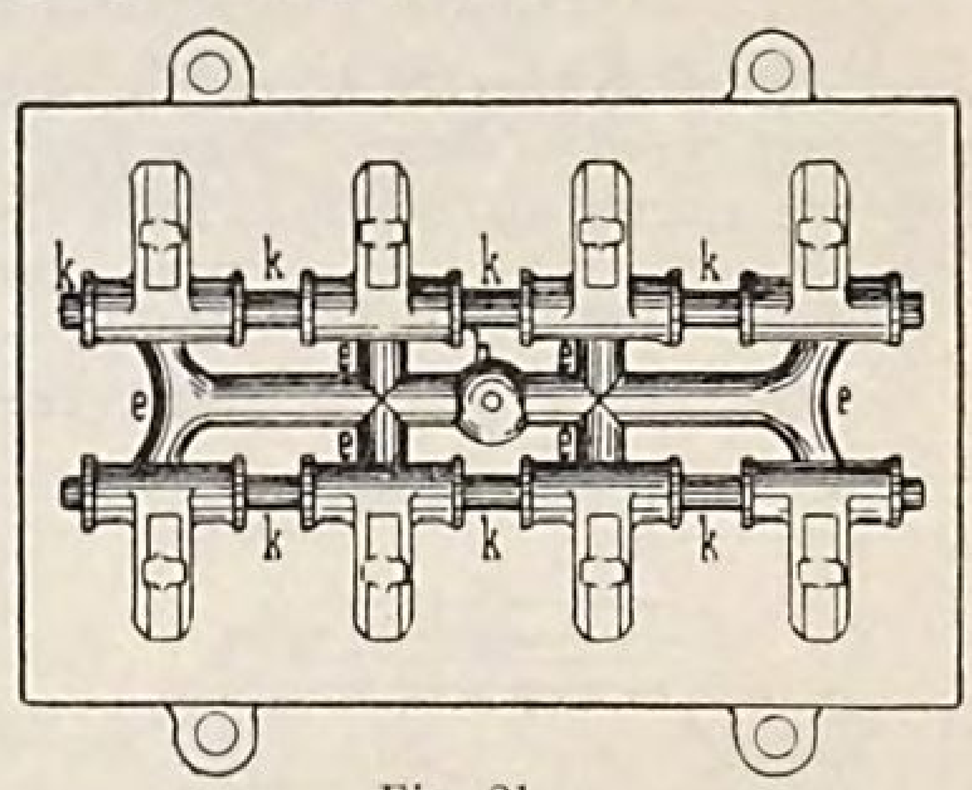


Fig. 21.

Diese Platte enthält, wenn bei gewöhnlichem Einformen geteilte Modelle notwendig sind, auf jeder Seite die Modellhälften genau über einander; hier verbunden durch die Kernmarken *k*, damit nur 2 lange Kerne eingelegt zu werden brauchen und die Eingusskanäle *e e*, in welche der Einguss von oben her in die Vertiefung *b* mündet. — Die Formplatte wird zwischen Ober- und Unterkasten gelegt, zunächst der Oberkasten, dann nach dem Wenden der Unterkasten vollgestampft, abgehoben und die Formplatte entfernt. Die Modellplatte lässt das Einformen wesentlich schneller vor sich gehen, weil alle Modellteile ihre gegenseitige Lage bereits haben, Eingüsse, Windpfeifen nicht mehr eingeschnitten zu werden brauchen und das Ausheben meist mit geringerer Verletzung der Form von statten geht.

F o r m - M a s c h i n e n. Bei dem Einformen der gewöhnlichen Modelle oder der Formplatte ist immer noch viel Handarbeit zu verrichten. Der Sand muss eingestampft und die Kastenteile und Modelle müssen abgehoben werden. Namentlich das Ausheben erfordert viel Geschick und führt, wenn ungeschickt ausgeführt, häufig zu Beschädigungen der Form und zu zeitraubenden und kostspieligen Ausbesserungsarbeiten. Um die Formarbeit zu erleichtern und zu verbilligen, ja das Formen durch Handlanger, nicht durch gelernte und in hohem Lohne stehende Former ausführen zu lassen, sind Formmaschinen konstruirt worden, bei welchen das Ausheben der Modelle oder Formkästen mechanisch

erfolgt — Modellplatte oder Formkasten werden zwangläufig geführt — oder bei welchen auch noch die Verdichtung des Sandes durch Druck geschieht. Endlich verwendet man Formmaschinen besonders für Stirn-, Winkel-, Kegel- und Schraubenräder, Seil- und Riemscheiben und dann, wenn man nicht ein ganzes Modell anfertigen will. Man bedarf in diesem Falle nur eines Kranzmodells, welches e i n e Zahnlücke oder ein Stück Kranz umfasst, und formt dies so oft als nötig ab. — Der Guss fällt dann immer noch billiger und nicht selten genauer aus als bei Benützung eines ganzen Modells.

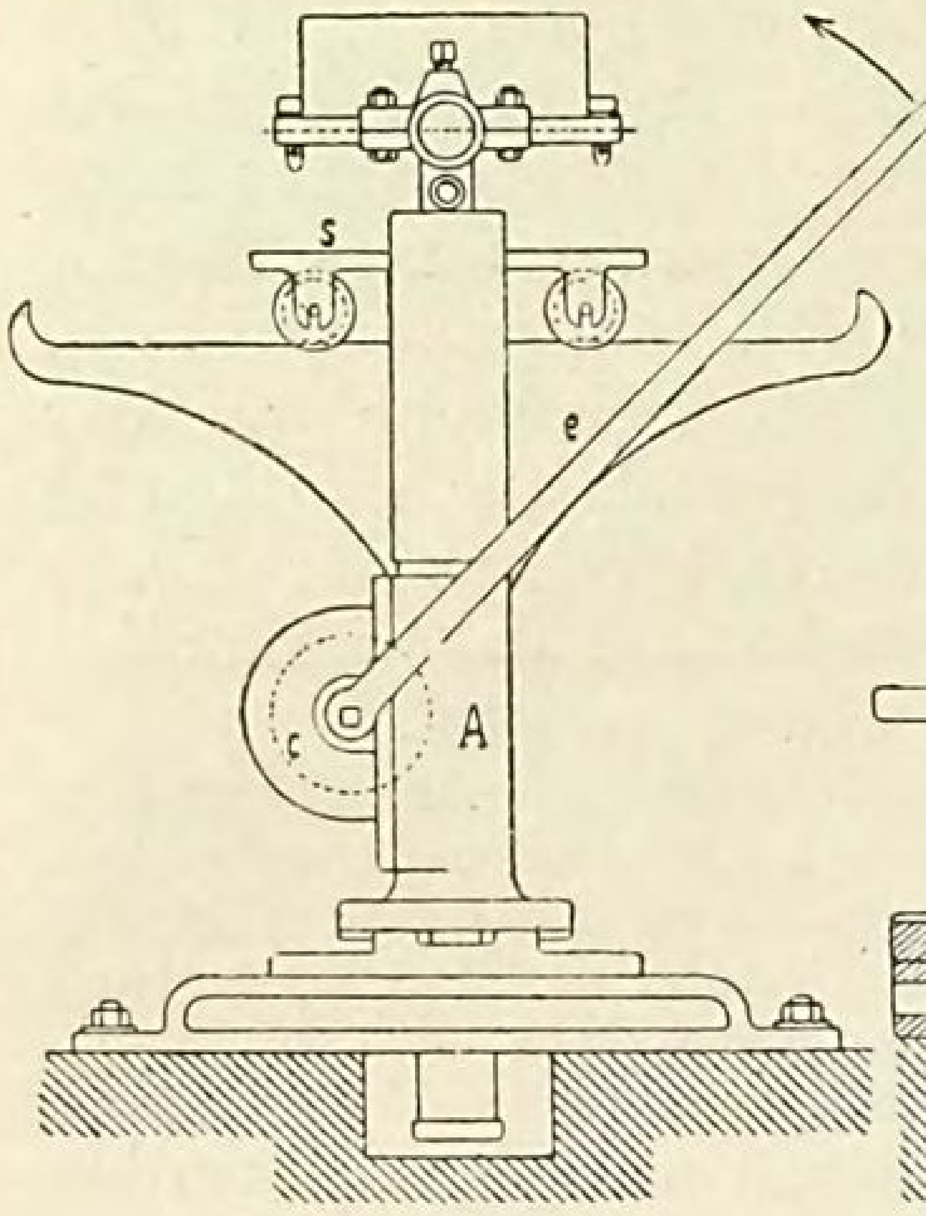


Fig. 22.

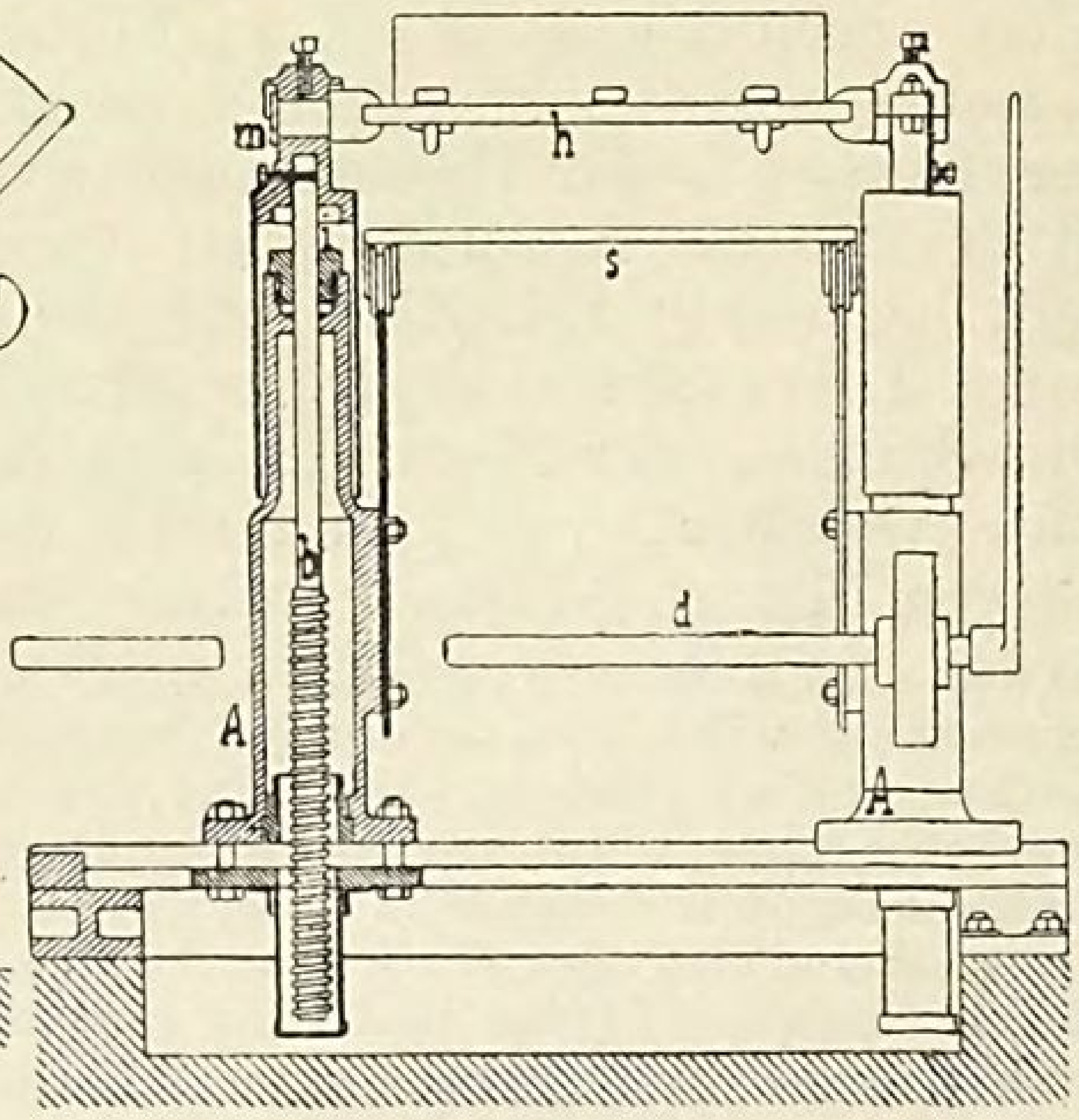


Fig. 22 a.

Die Fig. 22—26 stellen einige bemerkenswerte Ausführungen dar. Fig. 22 u. 22 a geben die Maschine von Dehne und Woolnough in Halberstadt. Die Formplatte *h* trägt auf beiden Seiten die Modelle für Ober- bezw. Unterkasten, ist mit Zapfen *m* drehbar auf den Säulen *b* gelagert, welche unten mit Gewinde versehen sind, in das je ein Schraubenrad *c* eingreift. Die Schraubenräder sitzen auf einer mit Hebel *e* versehenen Welle *d*. Denkt man sich zunächst den Unterkasten auf der Formplatte befestigt und voll Sand gestampft, so wird hierauf durch Drehen des Hebels *e* in der Pfeilrichtung die Formplatte so weit gehoben, dass dieselbe um 180 ⁰ gedreht und der unter derselben hängende Formkasten auf den Wagen *s* abgesezt werden kann. Nun löst man die Verbindung zwischen Kasten und Platte und hebt letztere durch abermaliges Linksdrehen des Hebels ab. Der Unterkasten wird zur Seite gefahren und nun der Oberkasten eingeformt Hier formt man also mit einer Maschine wechselweise Ober- und Unterkasten. Um die Maschine für verschieden grosse Formkästen benützen zu können, ist der linke Ständer *A* verschiebbar angeordnet. Bei der Maschine von Grimme, Natalis & Co. in Braunschweig (Fig. 23—25) ist für das Einformen des Ober- und Unterkastens je eine Maschine vorhanden. Die Modelle, in Gips eingebettet, sind in einem 6- oder 8-seitigen Modellkasten r_1 untergebracht, welcher von dem Rahmen *w* getragen wird und genau in einen Ausschnitt des Formtisches *b* passt; *w* sitzt auf dem in *s* geführten Stempel *e*, durch welchen Hebel *h* gesteckt ist. Das an *h* befindliche Gewicht *G* dient zur Ausgleichung der vom Stempel *e* getragenen Gewichte. An *h* sitzt noch ein Stift *q*, welcher durch *b* tritt und, wie Fig. 23 u. 24 zeigen, durch einen Keil gesichert wird. Dieser Keil lässt die Oberfläche des Modellkastens genau in Höhe der Tischoberfläche einstellen und während des Einformens erhalten. Schlägt man den Keil heraus, geht der Modellkasten, geführt durch die prismatischen Stifte *v* und v_1 und durch *e* abwärts und die Modelle werden senkrecht abgezogen. Die Formkasten ruhen (Fig. 25) nur mit den Ecken auf dem Formtisch und erhalten die richtige Lage durch Eingriff der Stifte *m* und m_1 in entsprechende Bohrungen des Modellkastens. Für die andere Modellhälfte besitzt der Modellkasten Dübel. — Die Maschine zeichnet sich durch grosse Einfachheit und dadurch aus, dass nach dem Senken des Modellkastens die Formkasten vollständig frei liegen und die Dübel, bezw. die Weissguss-Futter

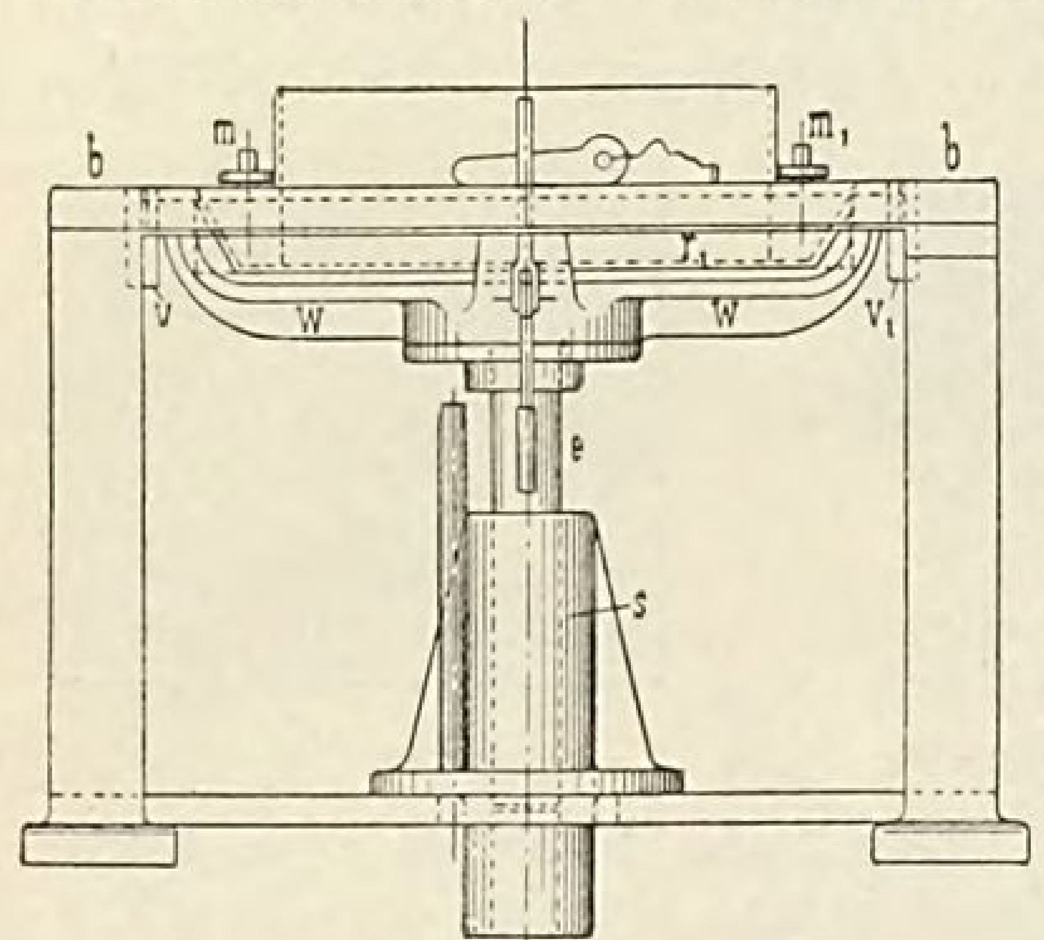


Fig. 23.

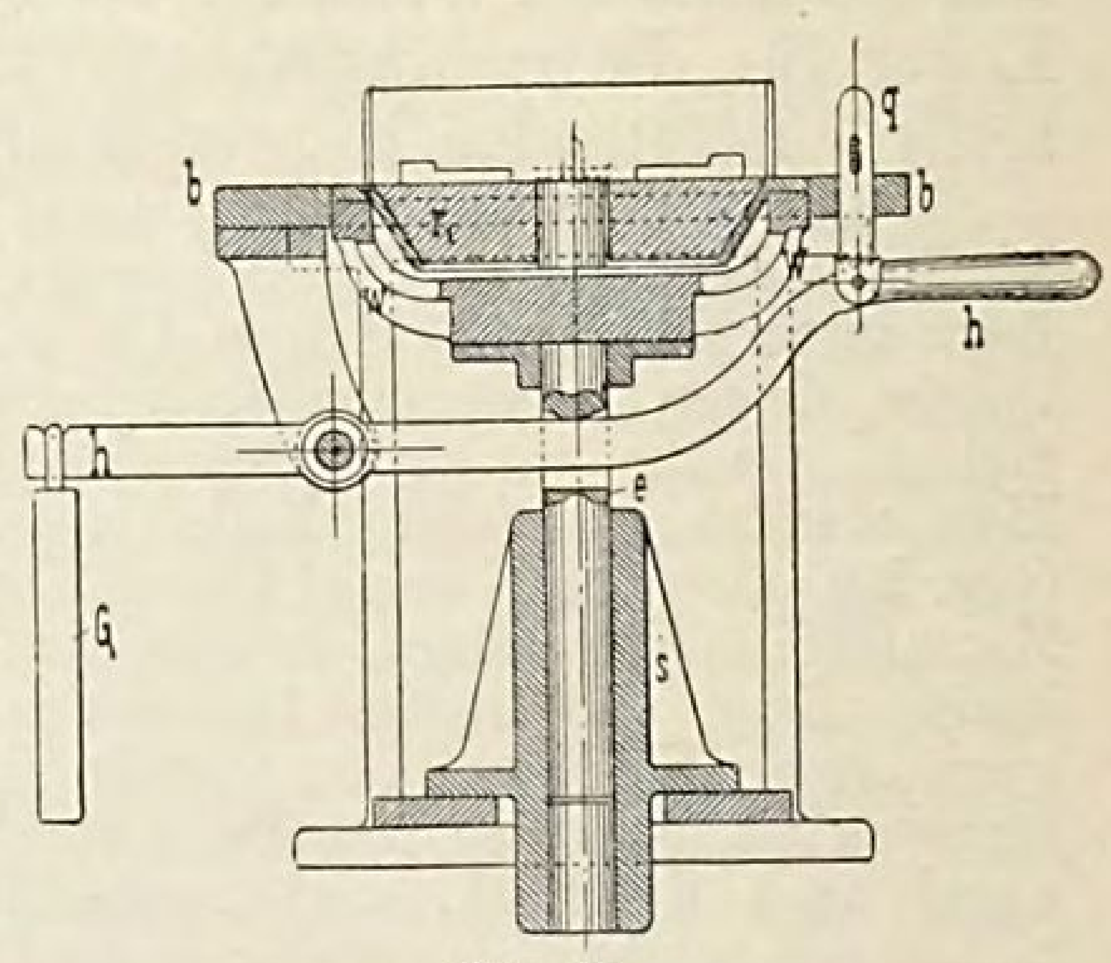


Fig. 24.

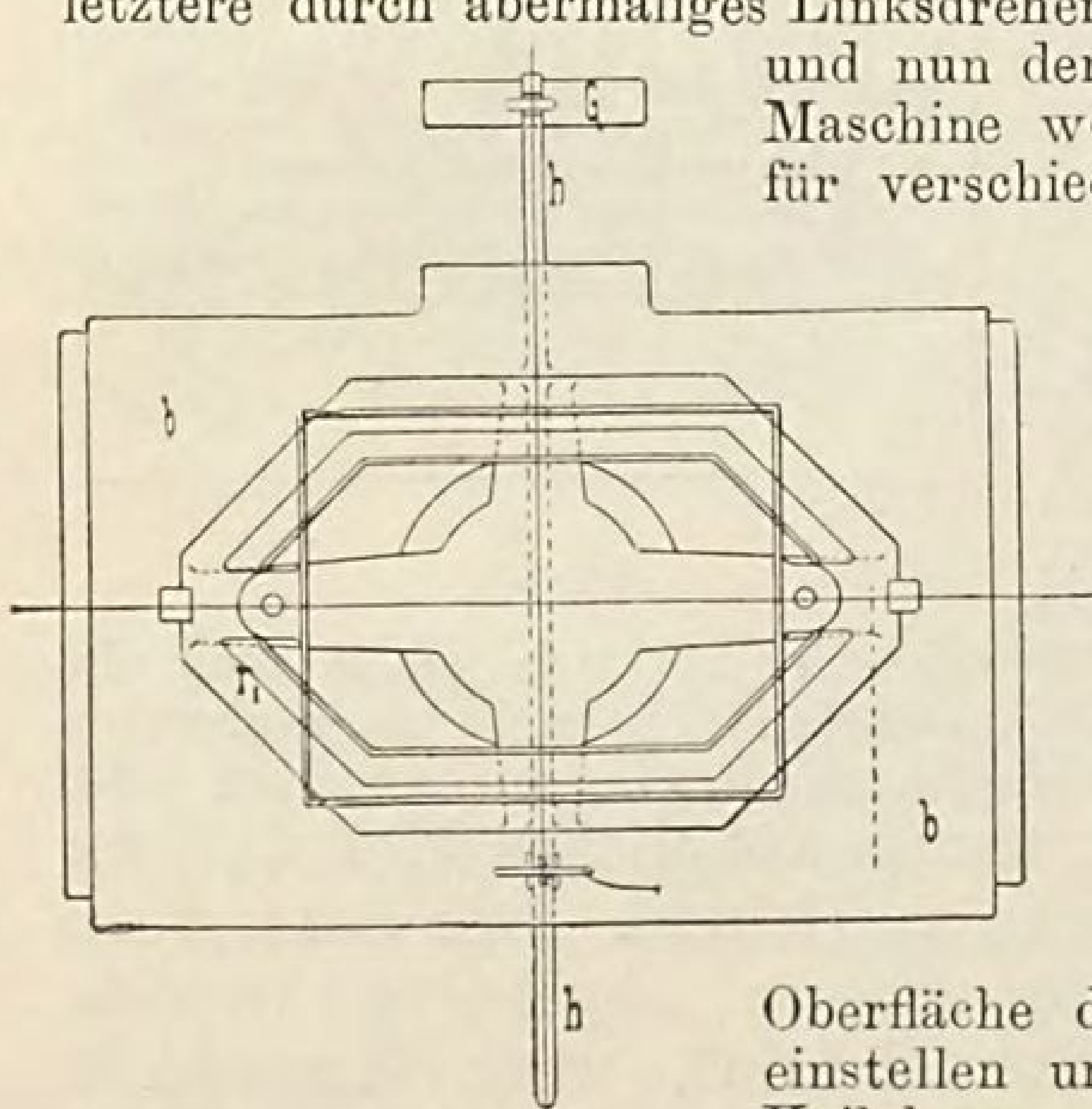


Fig. 25.

in den Ohren der Kästen nicht bei dem Abheben beschädigt werden. — Bei beiden Maschinen muss der Sand eingestampft werden, was allerdings durch Handlanger geschehen kann, immerhin aber einen grösseren Zeitaufwand erfordert. Die Maschinen von Sebold & Neff, Ugé u. a. verdichten den Sand durch einen Druck. Die Fig. 26 u. 26a stellen die Maschine von Ugé in der Ausführung des Eisenwerkes Kaiserslautern dar. Die Modellplatte wird von einer Zahnstange getragen und durch die Stifte *b* geführt. Bei dem Einformen wird zunächst die Modellplatte durch Einstecken des Stiftes *b* in die richtige Höhe und die Platte *G* in die punktirte Lage gebracht, der Formkasten aufgesetzt, mit dem Rahmen *R* versehen, voll losen Sand gefüllt und abgestrichen. Jetzt legt man die Druckplatte *D* auf, die auch mit *G* fest verbunden werden kann, bringt *G* in aufrechte Lage, schlägt Hebel *H* nach rechts um, wobei Modellplatte, Kasten und Aufsatz emporsteigen und der Sand verdichtet wird. Dann lässt man die Modellplatte wieder herunter in die Stellung für Einformen, klappt *G* zur Seite, entfernt Rahmen *R* und die Druckplatten, stampft den Sand, wenn nötig, noch fest und streicht ab. Durch Linksschwenken des Hebels wird hierauf die Modellplatte weiter gesenkt, die Modelle ziehen sich senkrecht aus dem Sand und der Formkasten kann abgehoben werden. Haben die Modelle einige Ausdehnung senkrecht zur Platte, wird noch eine besondere Stützplatte *F* angewendet, welche mit Ausschnitten, genau den Umrissen der Modelle folgend, versehen ist. Die Platte hebt sich beim Pressen mit, bleibt aber bei dem Abziehen der Modelle liegen und stützt die Sandkanten, so dass die Form bei dem Abziehen nicht verletzt wird. — Eine solche Stützplatte ist insbesondere dann notwendig, wenn schwache Sandkörper bei dem Abziehen lange mit dem Modell in Berührung sind, z. B. bei dem Formen eines Stirnrades. Da man dem Modell in diesem Falle keinen Anzug geben darf, werden die Sandzähne bei dem Abziehen leicht abgebrochen, wenn sie nicht unterstützt sind. Man umgiesst zur Bildung der Stützplatte das gusseiserne Modell mit einem Hartbleiring. — Haben die Modelle einige Höhe, so findet bei Anwendung solcher Maschinen mit flachen Druckplatten eine stark ungleichmässige Verdichtung des Sandes statt, die leicht Veranlassung zu Fehlgüssen werden kann. Die Druckplatte wird deshalb so ausgebildet, dass sie die Höhen des Modelles vertieft enthält, wodurch sich eine ziemlich gleichmässige Verdichtung des Sandes erreichen lässt. Kommen am Modell Stellen vor, an welchen der Sand durch Druck überhaupt nicht genügend verdichtet werden kann, so müssen diese zuerst voll Sand gestampft werden.

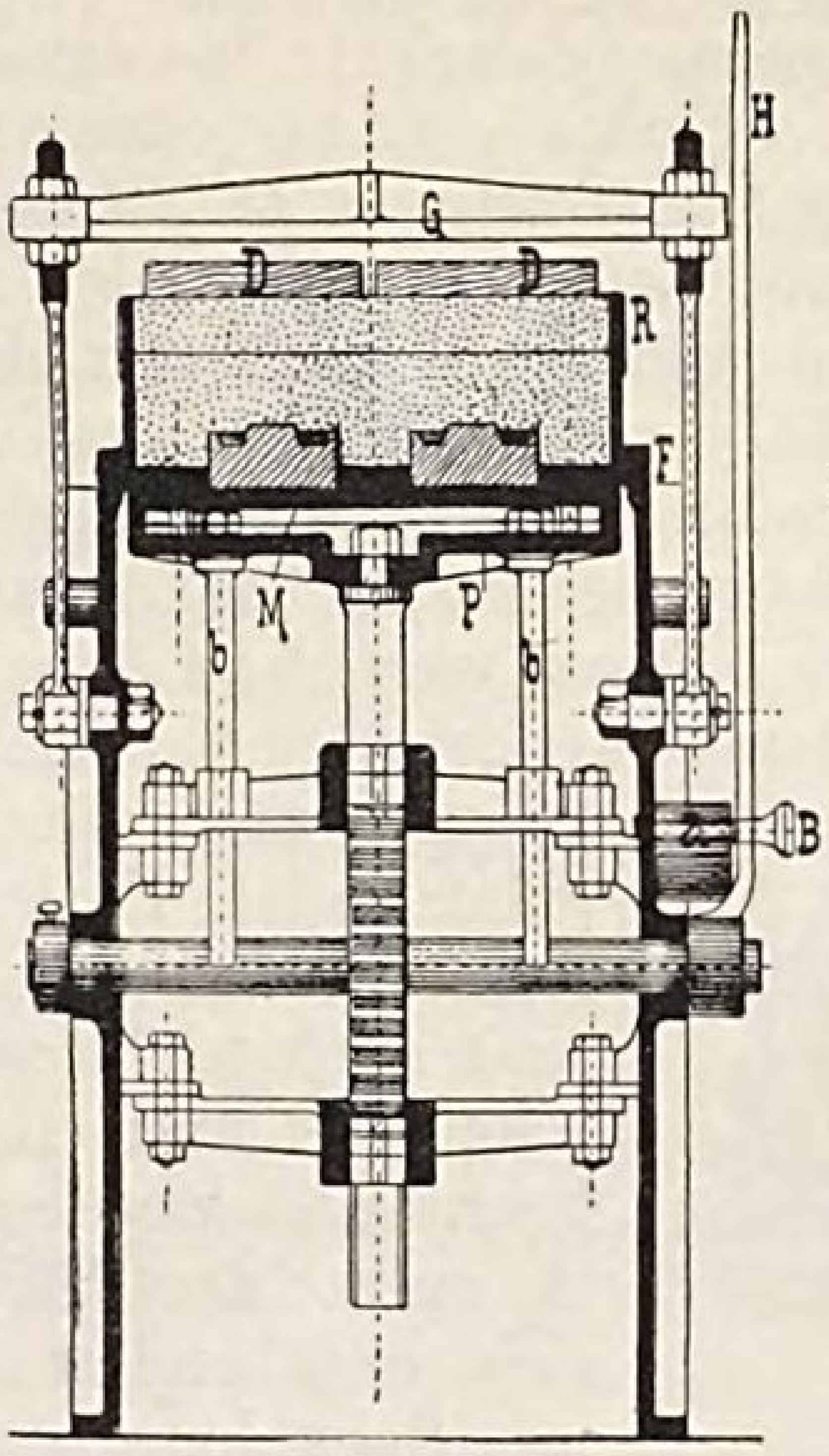


Fig. 26a.

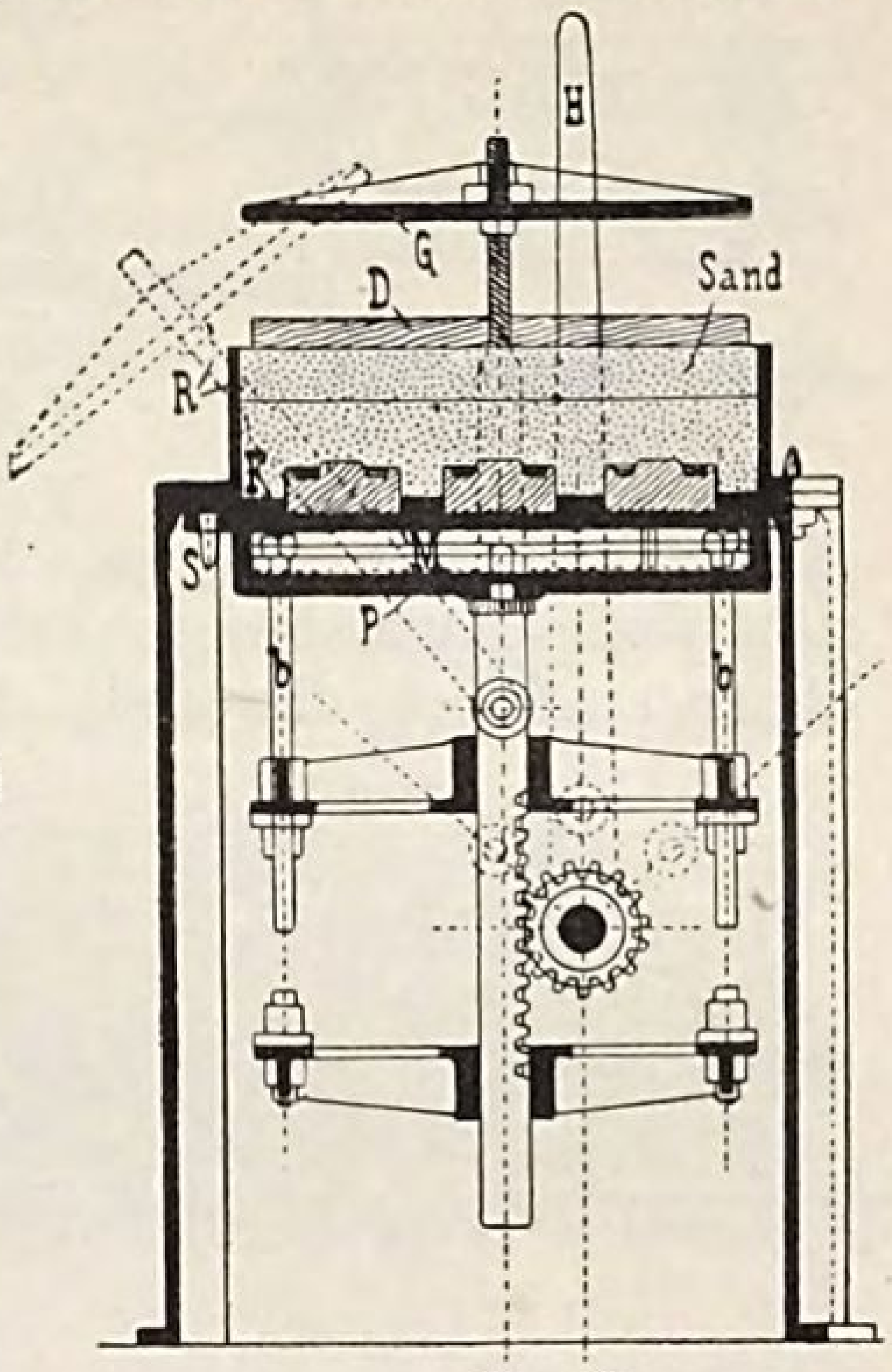


Fig. 26.

Die neuerdings in Aufnahme gekommenen Wasserdruckformmaschinen (D. R. P. von S. Oppenheim & Cie. in Hainholz, Gritzner in Durlach) arbeiten in ganz gleicher Weise; die Modellplatte wird von dem Stempel einer Wasserdruckpresse getragen, wodurch dem Arbeiter auch noch die Kraftentwicklung zur Verdichtung des Sandes abgenommen wird und mit Leichtigkeit jeder beliebige Druck erreicht werden kann.

Eine Originalkonstruktion von Räderformmaschinen liefert H. Michaelis in Chemnitz, auf dessen Preisliste wir verweisen.

Die Anwendung der Formmaschinen setzt das Vorhandensein einer grösseren Anzahl von vollkommen übereinstimmenden Formkästen voraus, die in der Anschaffung und Unterhaltung wesentlich teurer sind als gewöhnliche. Um die Kosten zu vermindern, hat man Abschlagformkästen ersonnen, d. s. Kästen, welche nach dem Einformen abgenommen und immer wieder verwendet werden, so dass die Herstellung einer grösseren Anzahl von Formen mit einem einzigen Kasten geschehen kann. Wird der Formkasten abgeschlagen, muss der Sand in irgend welcher anderen Weise gesichert werden, damit er unter dem Druck des flüssigen Eisens nicht nachgibt.

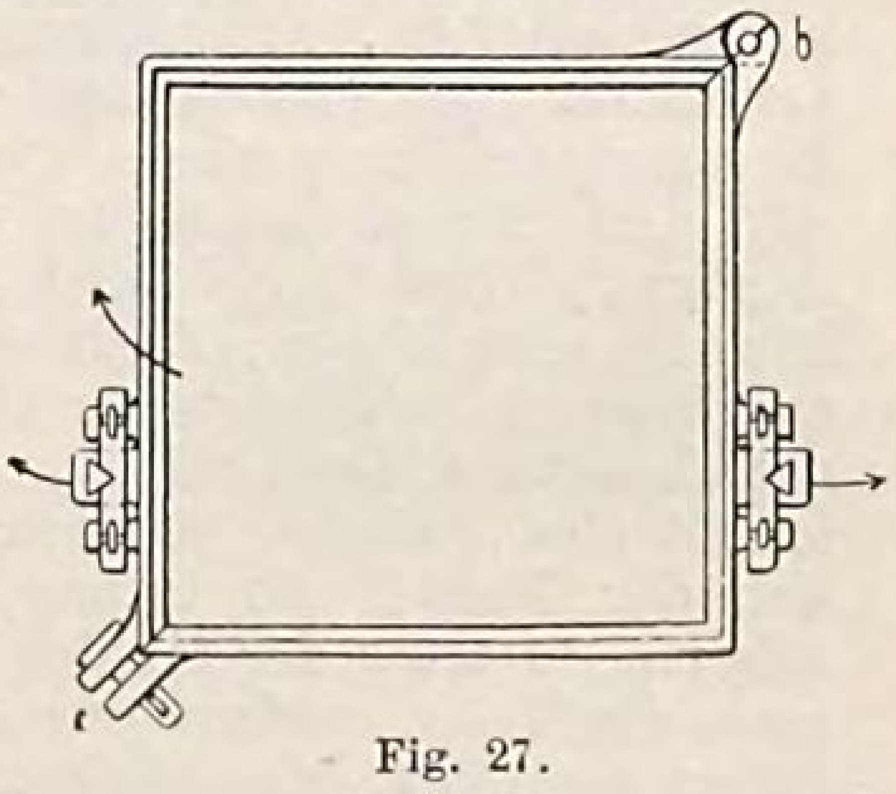


Fig. 27.

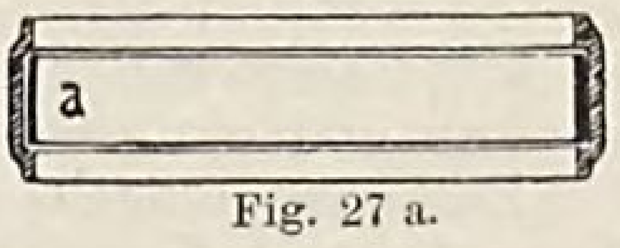


Fig. 27 a.

Einen sehr einfachen, sicheren und billigen Weg zeigen Fig. 27 u. 27 a (Verf. d. Giesserei von Asa Lees in Oldham). Die Formkastenwand ist ringsum mit einer breiten, flachen Vertiefung versehen, in welche ein Bandeisenreifen *a* eingelegt und mit eingeformt wird. Ober- und Unterkasten sind ferner in diagonaler Richtung geteilt, bei *b* ist ein Scharnier, bei *c* ein

einfaches Schloss angebracht. Die richtige Lage von Ober- und Unterkasten wird durch dreieckige Stifte am Ober- und nachstellbare Platten mit dreieckigem Ausschnitt am Unterkasten erzielt. Man setzt den eingeformten Unterkasten ab, dann den eingeformten Oberkasten auf und schlägt die Kästen ab. Dann wird, um das Oberteil vor Auftrieb zu sichern, eine mit Eingusstrichter versehene Beschwerungsplatte (Fig. 28) aufgelegt.

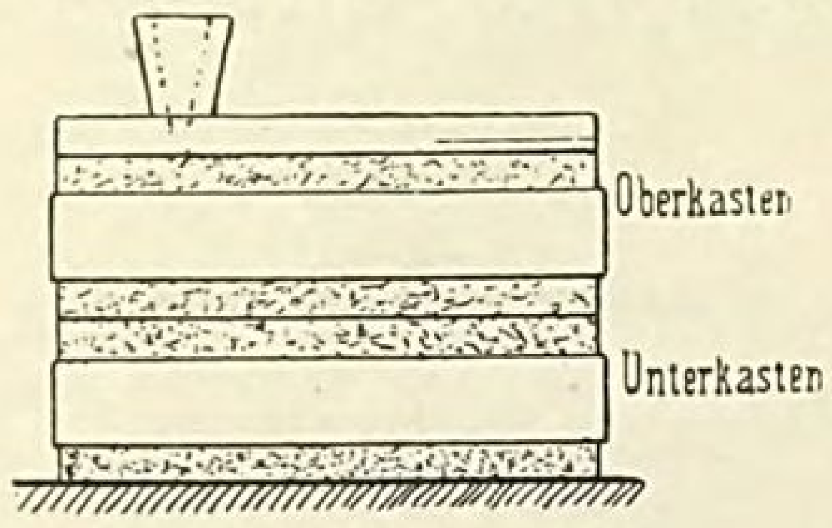
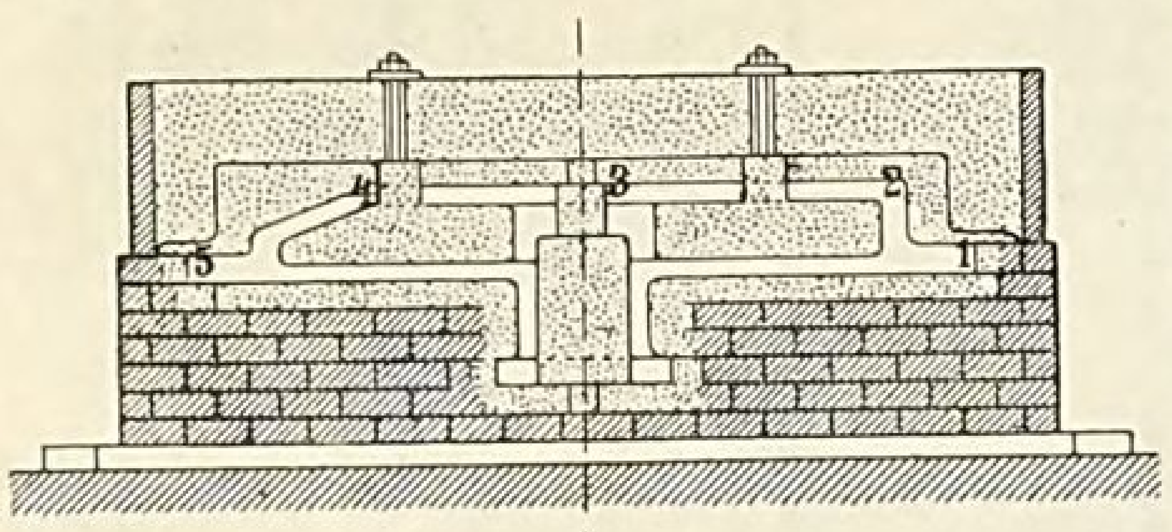
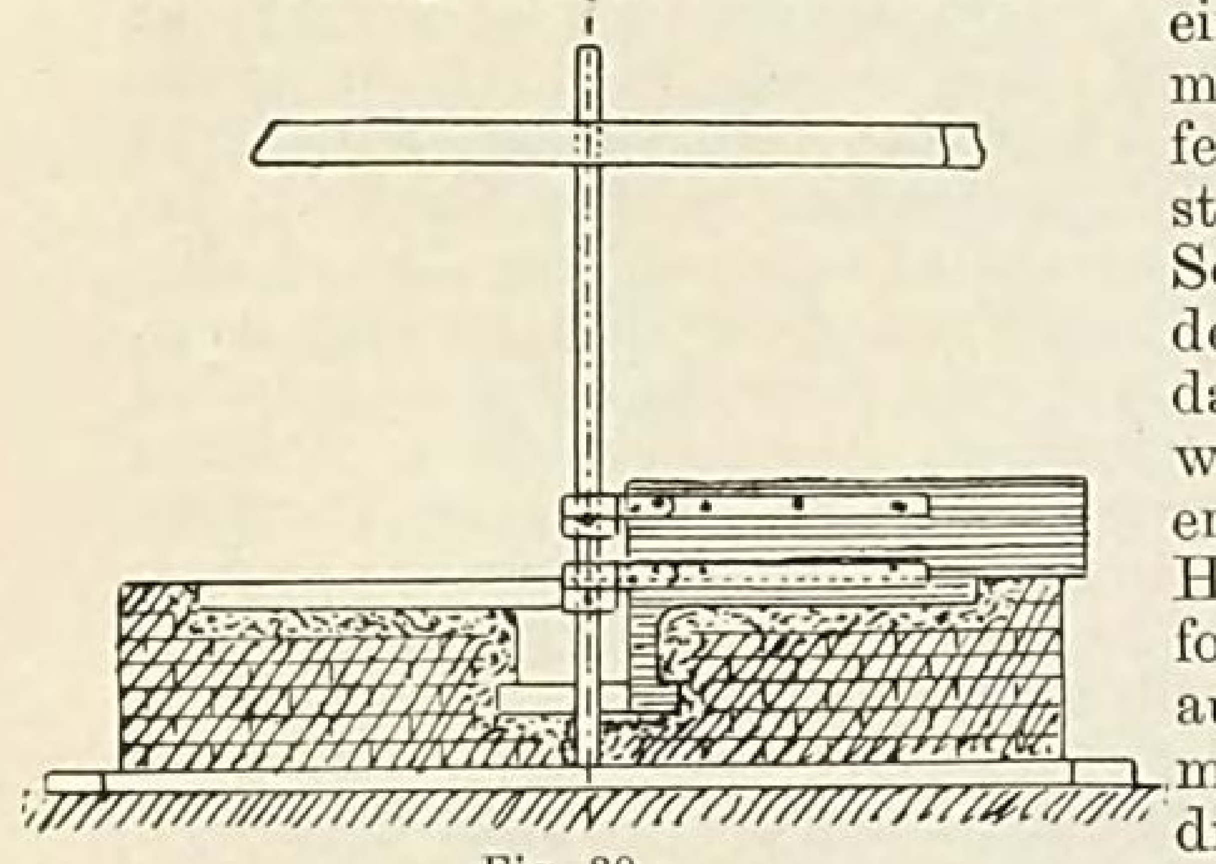


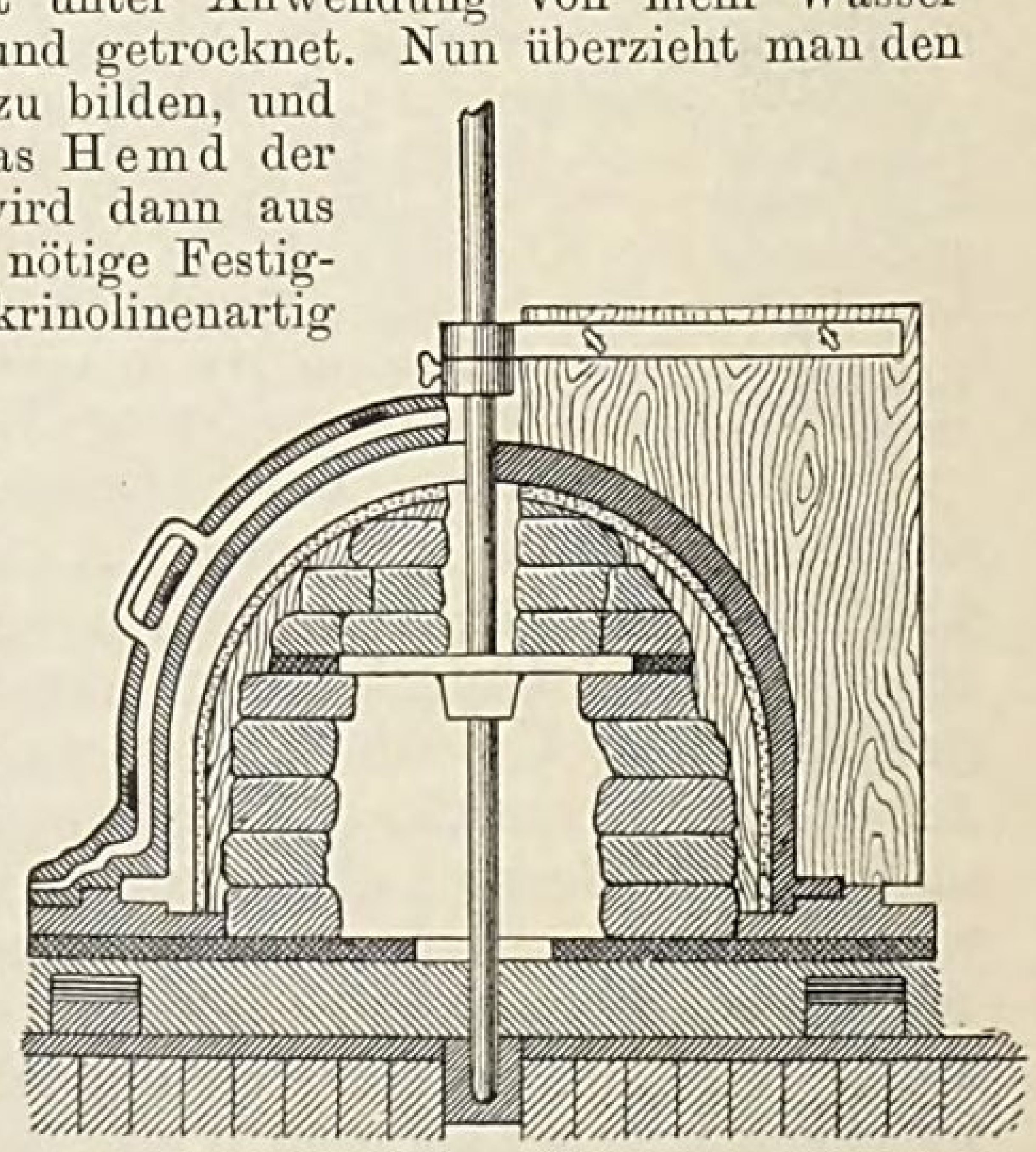
Fig. 28.

Schablonenformerei in Sand und Lehm. Die Sandformerei mit Schablone erweist sich vielfach dann, wenn nur ein oder wenige Abgüsse zu machen sind und die Gestalt des Modells die Anwendung einer Schablone ermöglicht, von Vorteil gegenüber der Verwendung eines vollen Modells. Verteilen sich jedoch die Modellkosten auf viele Abgüsse, so ist die Anwendung eines vollen Modells mit wenig Ausnahmen vorteilhafter, weil die Löhne bei der Schablonenformerei höher ausfallen dadurch, dass nur sehr geschickte Former verwendet werden können und die Formzeit eine beträchtlich grössere ist. Fälle, in denen durch Schablonenformerei eine grössere Genauigkeit erzielt wird, sind auch nicht selten. Grosse Riemen-, Seilscheiben- und Rädermodelle verziehen sich leicht und werden häufig schon durch Lagern in aufrechter Stellung unrund. Die daraus sich ergebenden Fehler sind beim Formen mit Schablone ausgeschlossen.


Fig. 29.

Die Fig. 29 u. 30 stellen die Form für einen hohlen Dampfcylinderdeckel dar. Mittelst einer nach Fig. 30 angebrachten, nach Linie 1, 2, 3 geschnittenen Schablone wird zunächst ein sehr hart gestampfter Sandkörper abgedreht und an der Gegenseite bei 4,5 für den Dampfeintritt von Hand abgeschnitten. Ueber diesem formt man den Oberkasten ein, hebt denselben ab, entfernt den festgestampften Sand und ersetzt ihn durch lose gestampften, den man mit Hilfe der in Fig 30 dargestellten Schablone abdreht. Der Kern wird, da der Deckel nach der Vorder-(Unter-)seite keine Durchbrechungen haben darf, nur mit dem Oberkasten verbunden. Die Löcher, welche durch die Schablonenspindel in den Formhälften entstanden sind, stampft man voll Sand und glättet von Hand. Fig. 31 stellt einen einfachen Fall der Lehmformerei mit Schablone dar. Der Kern wird aufgemauert aus Lehm- oder Luftsteinen, erst mit fettem, dann mit magerem Lehm umkleidet, mit der Kernschablone abgedreht und zuletzt unter Anwendung von mehr Wasser sauber geglättet und getrocknet. Nun überzieht man den Kern mit Holzaschewasser, um eine Trennungsschicht zu bilden, und formt mit einer zweiten Schablone die Metalldicke, das Hemd der Form (s. rechte Seite d. Figur). Auf dem Hemd wird dann aus freier Hand der Mantel geformt, welcher, um die nötige Festigkeit zu erhalten, mit einem im vorliegenden Falle krinolinenartig gestalteten und mit Haken oder Griffen versehenen Eisengerippe ausgerüstet wird, um den Mantel mit dem Kran fassen zu können (s. linke Seite d. Figur). Das Hemd wird nach dem Abheben des Mantels zerschlagen, Kern und Mantel, wenn nötig, ausgebessert, mit Schwärze überzogen und der Mantel, nachdem von Hand Einguss und Windpfeifen angebracht sind, wieder übergebaut. — In Fig. 31 lässt sich der Mantel als Ganzes abheben; ist das nicht möglich, so muss der Mantel geteilt werden oder man muss die Teile, welche das Abheben verhindern, ablösbar anordnen. Man stellt diese Teile dann in Wachs, Masse oder Metall her, heftet sie leicht auf die Metalldicke auf, formt den Mantel über, zieht sie mit dem Mantel ab und entfernt sie aus diesem.


Fig 30.


Fig. 31.

Zuweilen umgeht man das Formen der Metalldicke und formt Kern und Mantel für sich mit Schablonen. Auch Formen, welche nicht Rotationskörper sind, lassen sich mit der Schablone herstellen, wenn für die Führung derselben entsprechende Vorkehrungen getroffen sind; so z. B. viereckige Tröge mit scharfen oder abgerundeten Kanten, Holländertröge u. s. w. Die Schablone wird dann gezogen; die Arbeit ist gleich der des Maurers bei dem Ziehen von Gesimsen.

Verwendung bleibender Formen. Nur zur Herstellung von Hartguss finden in der Eisengiesserei bleibende Formen aus Gusseisen Verwendung. Derjenige Teil des Gussstückes, welcher mit einer Schale weissen, harten Eisens von 15—35 mm Dicke, selten mehr, versehen werden soll, wird mit Gusseisen umgeben, wie dies die Fig. 32 u. 33, welche die Formen für ein Rad mit hartgegossenem Kranze und eine Hartgusswalze angeben, zeigen. Die gusseisernen Formteile (Schalen, Coquillen, daher auch Schalen- oder Coquillenguss) leiten die Wärme rasch ab, wodurch das Eisen innerhalb der Schalen schnell bis zu einiger Tiefe erstarrt. Dabei bleibt der gesamte Kohlenstoffgehalt mit dem Eisen legirt; es entsteht weisses, strahliges Eisen, welches nach der Tiefe hin allmälich in graues, weiches und festes Eisen übergeht. Für das Gelingen des Gusses und die Sicherung der teuren Schalen ist es notwendig, dieselben vor dem Vergiessen auf einige hundert Grad zu erwärmen. Es wird dann das Eisen, weil das Temperaturgefälle geringer ist, nicht abgeschreckt (worunter man die Bildung einer dünnen Kruste festen Eisens an der Schalenwand versteht, welche die Wärmeleitung ganz wesentlich hindert und eine dickere Schicht weissen Eisens nicht entstehen lässt). Erwärmte Schalen sind ferner dem Springen weniger unterworfen, weil Innen- und Aussentemperatur beim Giessen nicht so stark verschieden sind. — Die Schalen für Hartguss besitzen einfache Formen, um das Auftreten zu grosser innerer Spannungen in denselben und im Gussstück und die Entstehung von Haarrissen oder völliges Zerspringen zu verhüten. Die Schalen werden auch vielfach durch warm aufgezogene schmiedeeiserne Ringe gebunden.

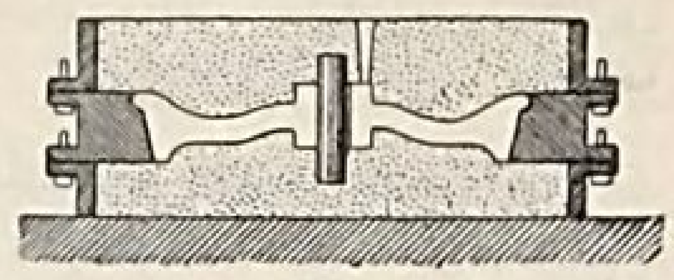


Fig. 32.

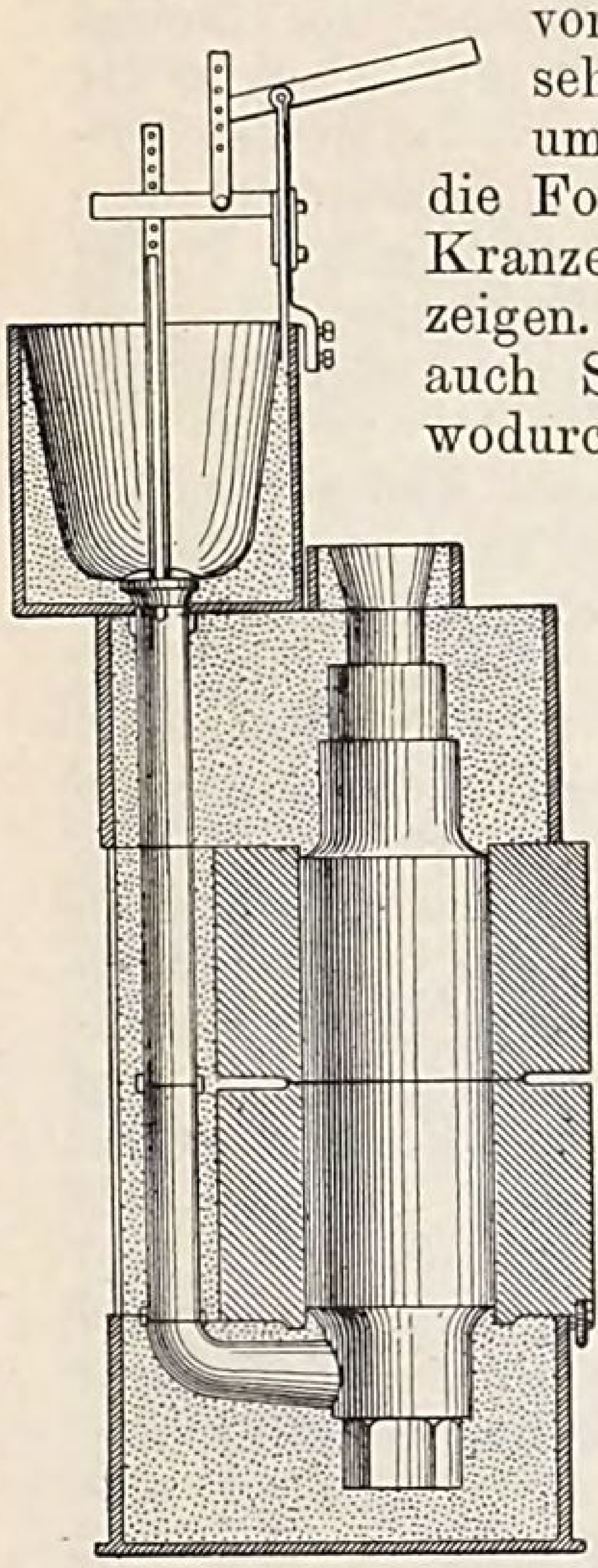


Fig. 33.

Trocknen der Formen. Alle Formen aus Masse und Lehm und alle Kerne müssen getrocknet werden. Es geschieht dies entweder in Trockenkammern (Darrkammern) oder an Ort und Stelle. Die Trockenkammern sind längliche, 1,8—2 m hohe gemauerte Räume, welche mit Steinkohlen- oder Koksheizung auf unter der Sohle liegenden Rosten und vielfach mit Schienengleisen versehen sind, um schwerere Formen und Kerne auf Wagen einbringen zu können. Die Benützung der Trockenkammern hat notwendig Hin- und Herbewegung der Formen im Gefolge, wodurch die Herstellungskosten und ferner die Gefahr einer Zerstörung der Form erhöht werden. Ausserdem erfordern die Trockenkammern grossen Aufwand an Brennstoffen und nehmen einen beträchtlichen Raum ein. Mit Rücksicht auf all dies hat man in neuerer Zeit vielfach und mit gutem Erfolg Trocknung der zusammengesetzten Formen an Ort und Stelle eingeführt mit Hilfe kleiner mit dem Kran beweglicher Koksöfen (s. Fig. 34).

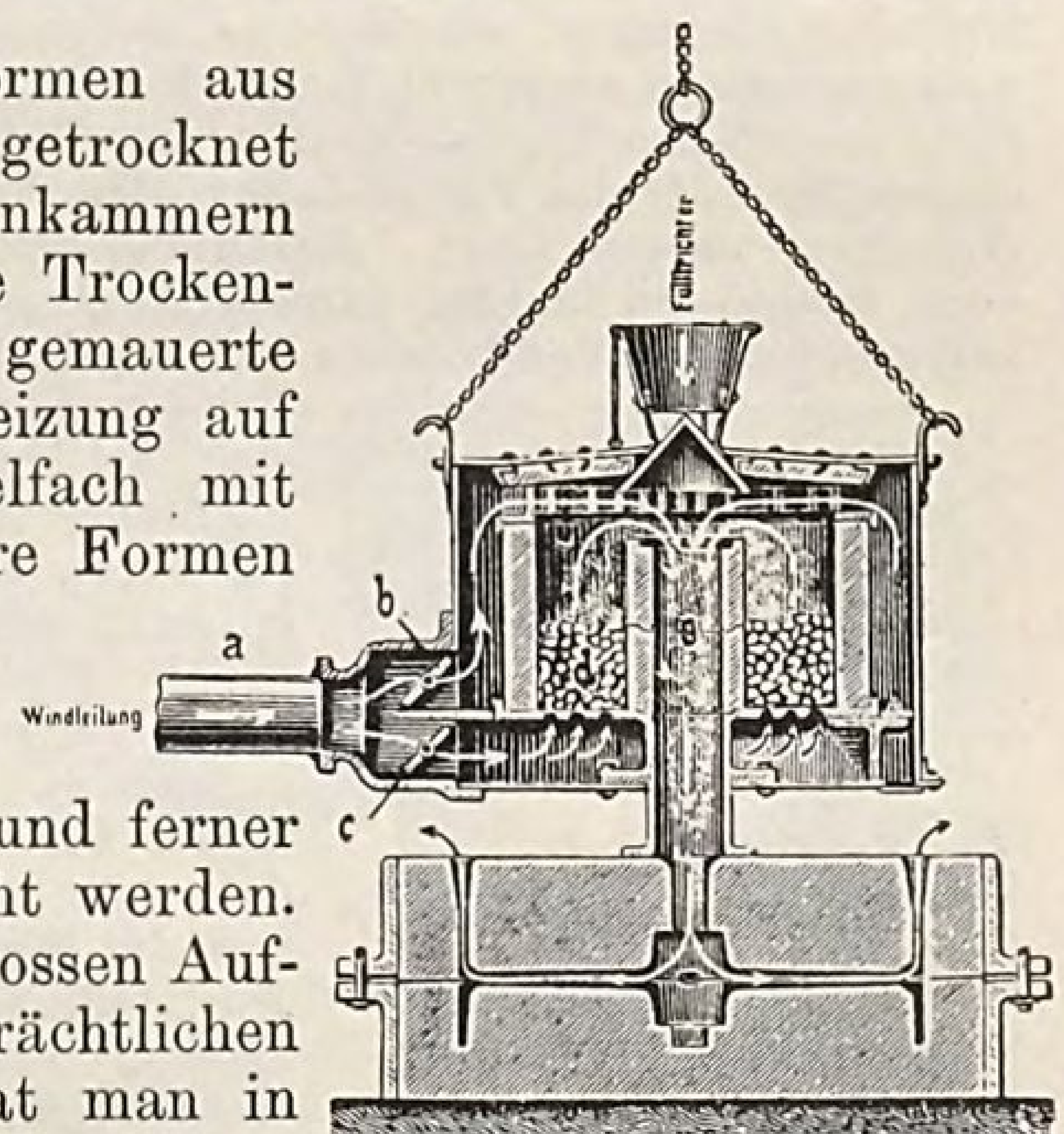


Fig. 34.

Der Ofen steht mit dem mittleren Rohre *e* über dem Einguss; auf dem Rost *d* lagert der Brennkoks, welchem durch einen an den Stutzen angeschlossenen Schlauch Gebläseluft zugeführt wird. Durch die Drosselklappe *c* kann die Menge der durch den Rost gehenden Luft, also auch die Lebhaftigkeit der Verbrennung geregelt werden. Die Klappe *b* lässt kalte Luft eintreten, welche sich oben mit den Verbrennungsgasen mischt und durch deren Menge die Temperatur der in die Form eintretenden Gase leicht geregelt werden kann. — Endlich trocknet man auch an Ort und Stelle mit Hilfe von fahrbaren Koksöfen, welche z. B. unter die hängenden Rohrformen gefahren werden oder von Kokskörben, wie solche auch zum Austrocknen von Häusern benützt werden. Ein sehr grosser Brennstoffaufwand, Belästigung der Arbeiter durch strahlende Wärme und die gesundheitsschädlichen Abgase sind schwere Nachteile dieses letzteren Verfahrens.

Aufstellung der Formen für den Guss. Bei dem Eingiessen des Eisens entsteht an den verschiedenen Stellen der Form ein Druck, dessen Grösse in k/qcm sich bestimmen lässt aus dem Ausdruck $0{,}1 \,.\, h\, \gamma$, worin h die Druckhöhe in Metern und γ das spezifische Gewicht des Gusseisens $= 7{,}25$. Nimmt man die Baulänge des eingeformten Rohres (Fig. 16) zu 4 m an, so ist der Druck an der tiefsten Stelle $= 0{,}1 \,.\, 4 \,.\, 7{,}25 =$ rd. 3. Atm. und es müssen notwendig die beiden Formkastenhälften so mit einander verbunden werden, dass sie dem Druck widerstehen können, was in diesem Falle mit Keilen, welche durch die Dübel geschlagen sind, geschieht. Ein Heraustreiben der Masse ist nicht zu fürchten, da dieselbe nur oben zu Tage tritt und in den vielen Löchern und Schlitzen der Formkastenwand genügend Halt findet. Der Auftrieb des Kernes ist durch den unten durch die Kernspindel geschlagenen Keil verhindert. — Bei flachen Formkästen, welche eine grosse Sandfläche zu Tage treten lassen, genügt aber das Verkeilen der Formkästen durch in die Dübel geschlagene Keile oder mit U-förmigen über die Formkastenränder fassenden Klammern nicht; es kann dadurch das Heraustreiben des Sandes nicht verhütet werden. Man muss den Sand belasten, entweder, wie dies in Fig. 28 angegeben ist, oder durch übergedeckte Bretter und aufgelegte Eisenstücke. Dabei darf natürlich nicht der Sand, sondern es muss der Formkasten die Beschwerungslast, welche bei grossen Kästen häufig recht bedeutend ist, tragen. Formen, welche nicht in einen festen Kasten eingeschlossen sind, z. B. Fig. 31, werden zur Sicherung in die Dammgrube eingesetzt und mit Sand umstampft. Auch die Stellung der Form bei dem Giessen ist von Wichtigkeit. Alle mit dem Eisen in die Form gelangten fremden Bestandteile, Schlacke, Schaum, Sandteilchen, ferner die Gas- und Dampfbläschen streben, weil leichter, nach dem höchsten Punkt der Form und geben dort oft Veranlassung zur Bildung von Blasen und Löchern. Man wird diejenigen Teile eines Gussstückes, welche rein und dicht ausfallen müssen, nicht an solche Stellen der Form legen, an welchen die Ansammlung von Unreinigkeiten zu erwarten ist.

In Fig. 7 liegt die Schauseite der Platte, in Fig. 16 die Muffe, welche bei dem Verstemmen der Rohre stark beansprucht wird, unten. Formen für Röhren, Säulen, Walzen, Cylinder, überhaupt alle Formen, welche besonders nach einer Richtung ausgedehnt sind, stellt man am besten senkrecht (vergl. Fig. 16 u. 33), zum mindesten stark geneigt auf. Wollte man Rohr und Walze liegend giessen, so würden sich die Unreinigkeiten, Gas- und Dampfblasen am oberen Scheitel des Rohrschaftes oder des Walzbundes sammeln, wodurch der Guss leicht zu Ausschuss werden kann. Ausserdem erschwert die wagrechte Lage die Lagerung der Kerne; auch könnte bei langen, dünnen Kernen eine Durchbiegung eintreten, wodurch z. B. bei einem Rohr ungleiche Wandstärken sich ergeben und bei der Druckprobe oder dem Verlegen leichter Brüche eintreten. — Stellt man die Form senkrecht, so sammeln sich die Unreinigkeiten am höchsten Punkt, wo sie weit weniger nachteilig sind und auch mit Leichtigkeit durch eine Verlängerung der Form, durch Aufgiessen eines verlorenen Kopfes, welcher später entfernt wird, ganz von dem Gussstück abgehalten werden können. (S. die Figuren 15, 33, 35, 36, in welchen die verlorenen Köpfe mit k bezeichnet sind.) Soll der verlorene Kopf die Verunreinigungen und Gasblasen aufnehmen, so muss das Eisen in demselben länger flüssig bleiben als im Gussstück, was dadurch erreicht wird, dass man dem Kopf entsprechenden Querschnitt und Masse gibt und die Form für denselben stark erwärmt und dass man die Ausstrahlung durch aufgeschüttete schlechte Wärmeleiter (Asche, Lösche) verhindert. Dadurch, dass das Eisen im verlorenen Kopf länger flüssig bleibt als im Gussstück, verhindert man auch die Enstehung von Hohlräumen in letzterem, weil aus dem Kopf flüssiges Eisen nachsinkt. Häufig muss man bei grossen Gussstücken zu diesem Zweck Eisen nachgiessen, welches dann stark überhitzt wird. Vor dem Nachgiessen stösst man durch den Kopf mit einer Eisenstange so weit als möglich hinunter, um einen Eingusskanal herzustellen. Der verlorene Kopf muss, wenn er richtig wirken soll, ohne Querschnittsänderung auf das Gussstück aufsetzen, also wie in Fig. 35. Es lässt sich dann mit Sicherheit erwarten, dass Hohlräume, wie in Fig. 35 angedeutet, erst im verlorenen Kopf selbst entstehen; würde man ihn nach den punktirten Linien formen, so würden sich die Hohlräume wahrscheinlich in Höhe des Flantsches bilden und dadurch dieser bei dem Abdrehen Gussblasen und Löcher aufweisen.

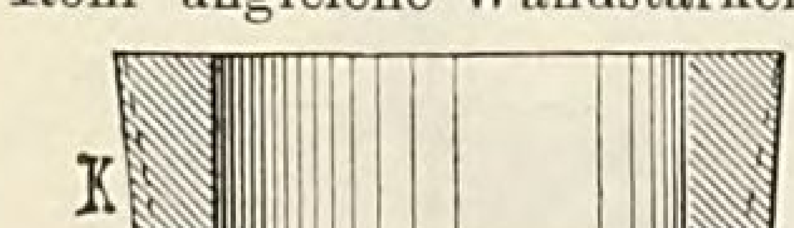


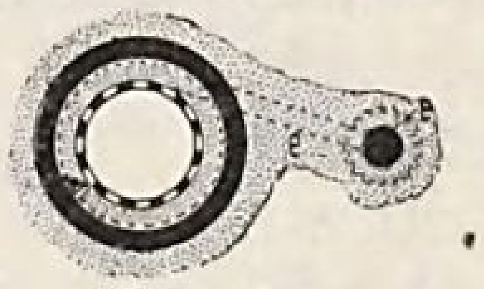
Fig. 35.

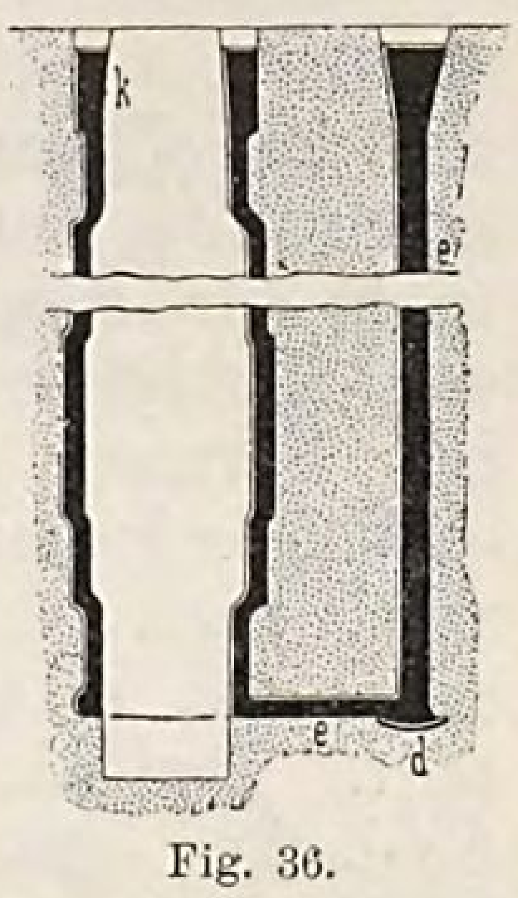
Der verlorene Kopf ruft in der Form eine Drucksteigerung und damit grössere Schärfe des Abgusses und mittelbar grössere Dichte hervor, weil das Eisen reiner ist. Bei dem Guss

von Rotationskörpern hat man höheren Druck in der Form ohne Anwendung des verlorenen Kopfes durch den Zentrifugalguss zu erreichen gesucht, von dem jedoch keine Anwendung mehr gemacht wird. Man denke sich die Form Fig. 32 auf einer Töpferscheibe in rasche Drehung versetzt und vergossen, so wird das flüssige Eisen sich mit starkem Druck gegen die Formwand anlegen. Ringe lassen sich mit diesem Verfahren ohne innere Begrenzung der Form giessen, da das Eisen sich infolge der Drehung gleichmässig verteilt. (Vergl. Dinglers polyt. Journ., Bd. 153, S. 461, und 176, S. 14, und D. R. P. Nr. 8416.)

Anordnung der Eingüsse, Windpfeifen und Steiger. Richtige Grösse und Lage der Eingüsse erfordert praktische Erfahrung. Die lichte Weite des Eingusses muss so bemessen werden, dass die Form hinreichend rasch gefüllt wird; es darf der Einguss aber auch nicht so gross sein, dass die Form zu rasch gefüllt wird, weil dann die eingeschlossene Luft und die entstehenden Gase und Dämpfe nicht rasch genug entweichen können. Bezüglich der Lage des Eingusses lässt sich im allgemeinen folgendes sagen: Sie soll, wenn möglich, so gewählt sein, dass das eintretende Eisen die Luft vor sich her schiebt, aber nicht Luft- und Eisenstrom an einander vorübergehen; ferner so, dass durch das hereinstürzende Metall die Form nicht zerstört wird, und endlich, was bei verzweigten Massen von besonderer Wichtigkeit ist, dass die Füllung der Form möglichst gleichmässig erfolgt. Letztere Bedingung erfordert häufig die Anlage von mehreren Eingüssen, wie Fig. 5 u. 6 zeigen, in welcher die Eingüsse *e* durch Kanäle mit den Armen und dem Kranz verbunden sind. Die Form wird gleichzeitig von 6 Punkten ausgefüllt; würde man dagegen nur einen Einguss, z. B. auf der Nabe, angebracht haben, würden die Spitzen der Eisenströme bei den Punkten 1, 1 viel später auf einander stossen. Das Eisen ist dann vielleicht schon so kalt, dass die Ströme sich nicht mehr auf dem ganzen Querschnitt vereinigen, und es entsteht der Kaltguss. — Vielfach giesst man nicht unmittelbar in die Eingusstrichter, sondern bringt einen Sumpf, eine muldenförmige Vertiefung an, hergestellt z. B. durch Ueberbauen eines Formkastens über den Einguss und Auskleiden desselben mit Sand, damit das Eisen vor dem Einfliessen erst noch Unreinigkeiten ausstossen kann. R. Schneider (D. R. P.) baut sogar in den Sumpf Querwände ein, unter denen das Eisen ausfliessen muss, damit die Unreinigkeiten mit Sicherheit zurückgehalten werden. — Ist die Höhe der Form, wie bei stehend gegossenen Röhren, Walzen u. s. w., gross, wird die Form durch den heftigen Stoss des von oben eingegossenen Eisens leicht zerstört oder das Eisen löst sich in rasch erkaltende Tropfen auf, ehe es auf den Boden der Form gelangt, oder verspritzt auf diesem. Die Eisenkügelchen lösen sich dann zuweilen nicht wieder auf und finden sich eingesprengt im Guss.

In solchem Falle giesst man zweckmässig von unten, wie in den Fig. 33 und 36 dargestellt ist (steigender Guss). Das Eisen wird durch ein Rohr bis zum oder wenigstens nahe zum tiefsten Punkt der Form geleitet, steigt in derselben langsam auf, Luft und Gase vor sich her treibend. Bei Fig. 36 wird vielfach zum Schutze eine eiserne Platte eingelegt. Der Eingusskanal mündet tangential in die Form (Tangentialguss, Fig. 37). Dadurch kommt das Eisen in eine lebhafte kreisende Bewegung, die spezifisch schwereren Teile drängen nach der Formwand, die leichteren bleiben mehr in der Mitte, streben auch nach oben und sammeln sich in der Mitte der trichterförmig vertieften Oberfläche der Metallsäule. Man erzielt auf diese Weise einen äusserlich reineren Guss. Die Formen müssen aber sehr sorgfältig hergestellt werden, damit durch die lebhafte Bewegung des Eisens keine Formteilchen abgerissen werden.


Fig. 37.


Fig. 36.

Windpfeifen, Kanäle zur Entfernung der Luft aus der Form, werden nur dann angewendet, wenn die Menge der eingeschlossenen Luft zu gross ist, um genügend schnell durch die Poren der Form abgeführt werden zu können. Die Windpfeifen müssen an den zuletzt sich füllenden Punkten der Form und so angelegt sein, dass keine Luft zurückbleiben kann. Zur Erläuterung dienen die Fig. 3, 6, 7, 13, in welchen die Windpfeifen mit *w* bezeichnet sind.

Steiger, ebenfalls von den höchsten Punkten der Form ausgehende senkrechte Kanäle, werden nur dann angebracht, wenn bei geschlossenen Formen der Stoss des Eisens gegen die obere Begrenzung der Form gemildert werden soll. Dieser Stoss ist besonders heftig, wenn der Einguss hoch über dem höchsten

Punkt der Form liegt und weit ist. Es wird dann, wenn sich die Form füllt, der Eisenstrom plötzlich gehemmt. Wendet man Steiger an, die auch als Windpfeifen wirken, kommt der Strom allmälich zur Ruhe und die Form leidet nicht.

G i e s s e n , V e r g i e s s e n. Das Giessen erfolgt entweder durch „Laufenlassen“ oder mittelst besonderer Transportgefässe oder unmittelbar aus den Tiegeln. Bei dem Laufenlassen leitet man das Eisen vom Hoch- oder Kupolofen durch eine Rinne (Gosse) in die Form, wobei meist vor der Form ein Sumpf angelegt wird, um dem Eisen Zeit zu geben, sich zu beruhigen, Gase, Schlacken, Schaum und Koksteilchen auszustossen. In den meisten Fällen wird das Eisen in Transportgefässe gefüllt, weil dies das Vergiessen an beliebiger Stelle und die Einhaltung der richtigen Giesstemperatur ermöglicht.

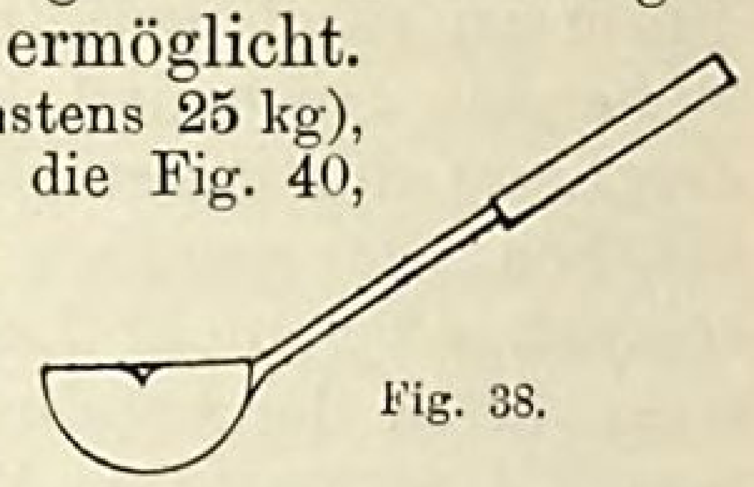
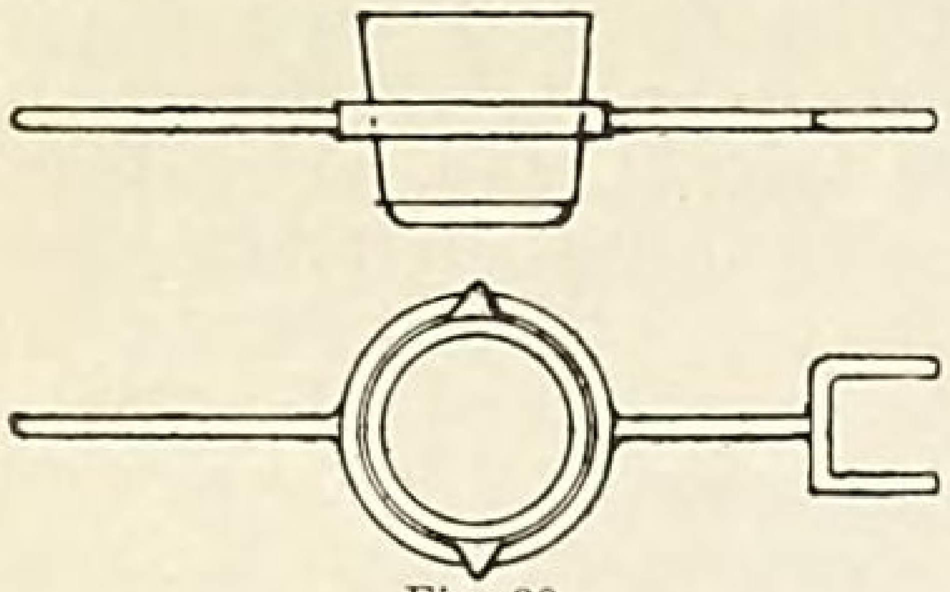
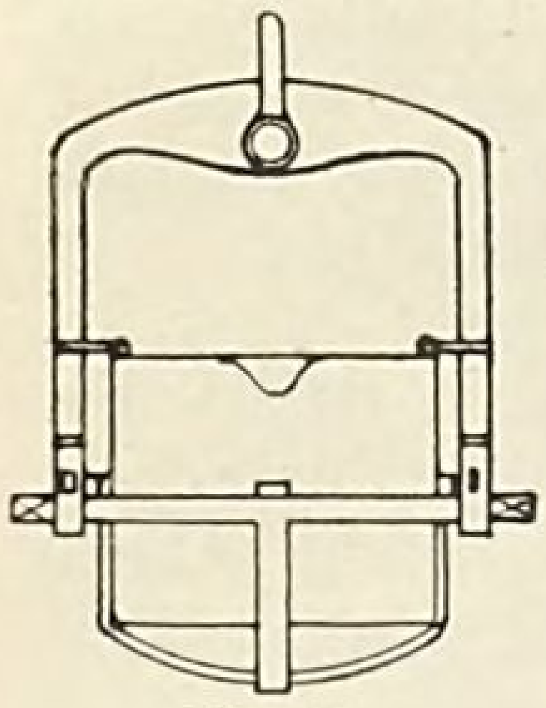
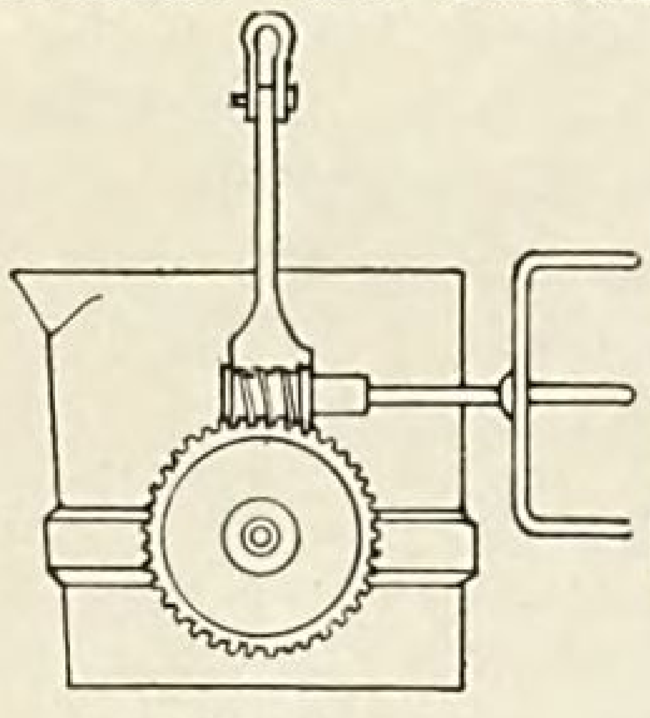

Fig. 38.

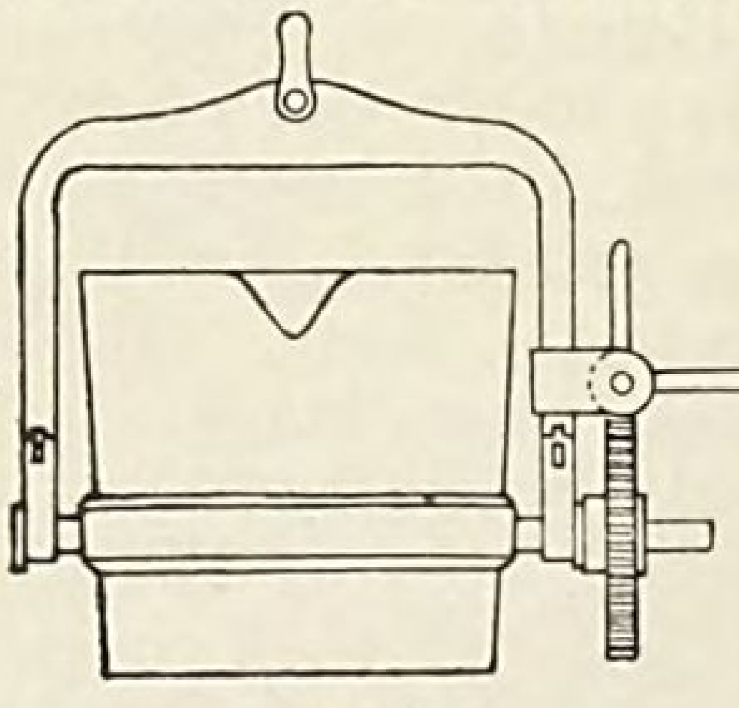
Fig. 38 stellt eine Handpfanne für einen Mann (Inhalt 15, höchstens 25 kg), Fig. 39 eine Gabelpfanne für 3—4 Mann (100, höchstens 150 kg), die Fig. 40, 41, 41 a, 42 u. 42a Kranpfannen dar. Die Kranpfannen sind im Zapfen drehbar. Die Drehaxe liegt bei Fig. 40 etwas über dem Schwerpunkt der gefüllten Pfanne, um ein Umkippen derselben zu vermeiden, doch müssen während des Transportes noch besondere Sicherungen gegen Kippen angewendet werden. Das Kippen der Pfannen beim Vergiessen wird entweder durch auf die vierkantigen Zapfenenden aufgesteckte Hebel oder mit Hilfe von Schnecke und Schraubenrad (Fig. 41 u. 41 a) bewirkt. Standpfannen sind grössere, neben der Form aufgestellte Pfannen (Fig. 33), welche mit der Kranpfanne gefüllt werden und ein Bodenventil besitzen, wodurch das Eintreten von Schlacke u. s. w. in die Form wirksam verhindert wird. Fahrbare Pfannen sind auf Gleiswagen gesetzte Standpfannen.


Fig. 39.

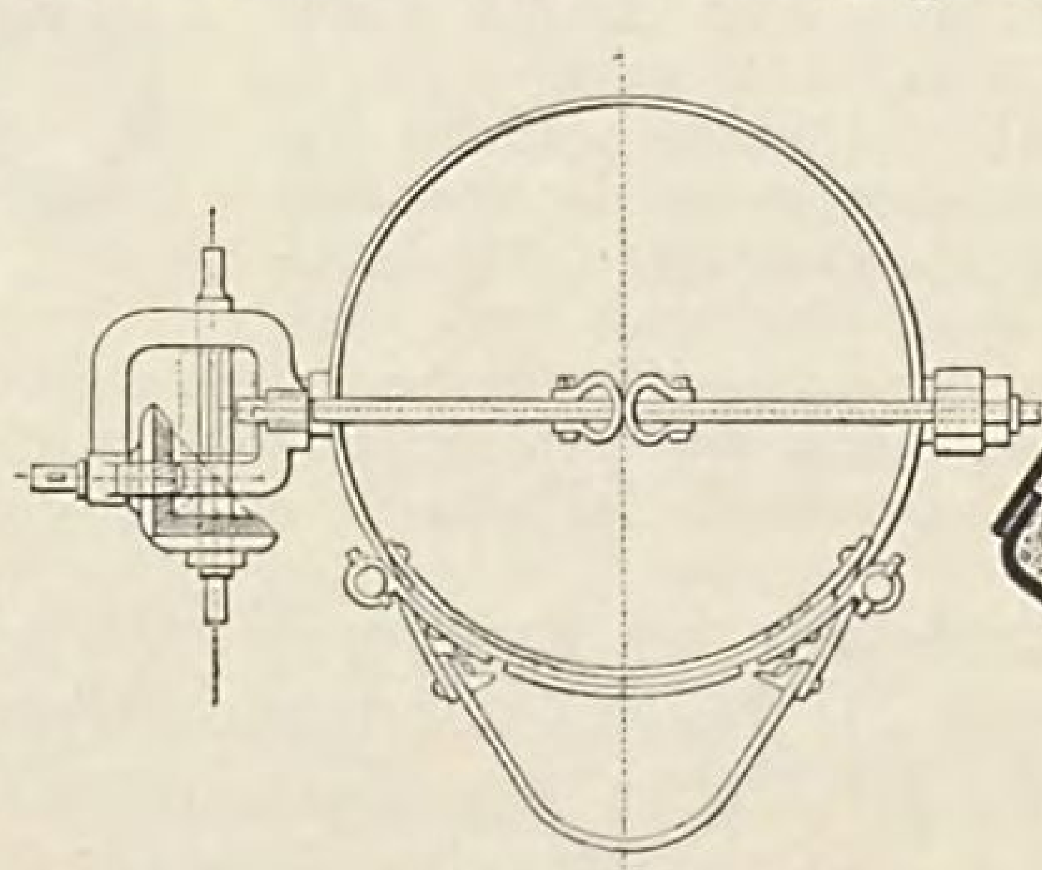
Alle Pfannen sind aus Kesselblech hergestellt, im Innern mit Lehm ausgekleidet, und werden vor dem Füllen sorgfältig getrocknet und angewärmt aus leicht ersichtlichen Gründen.

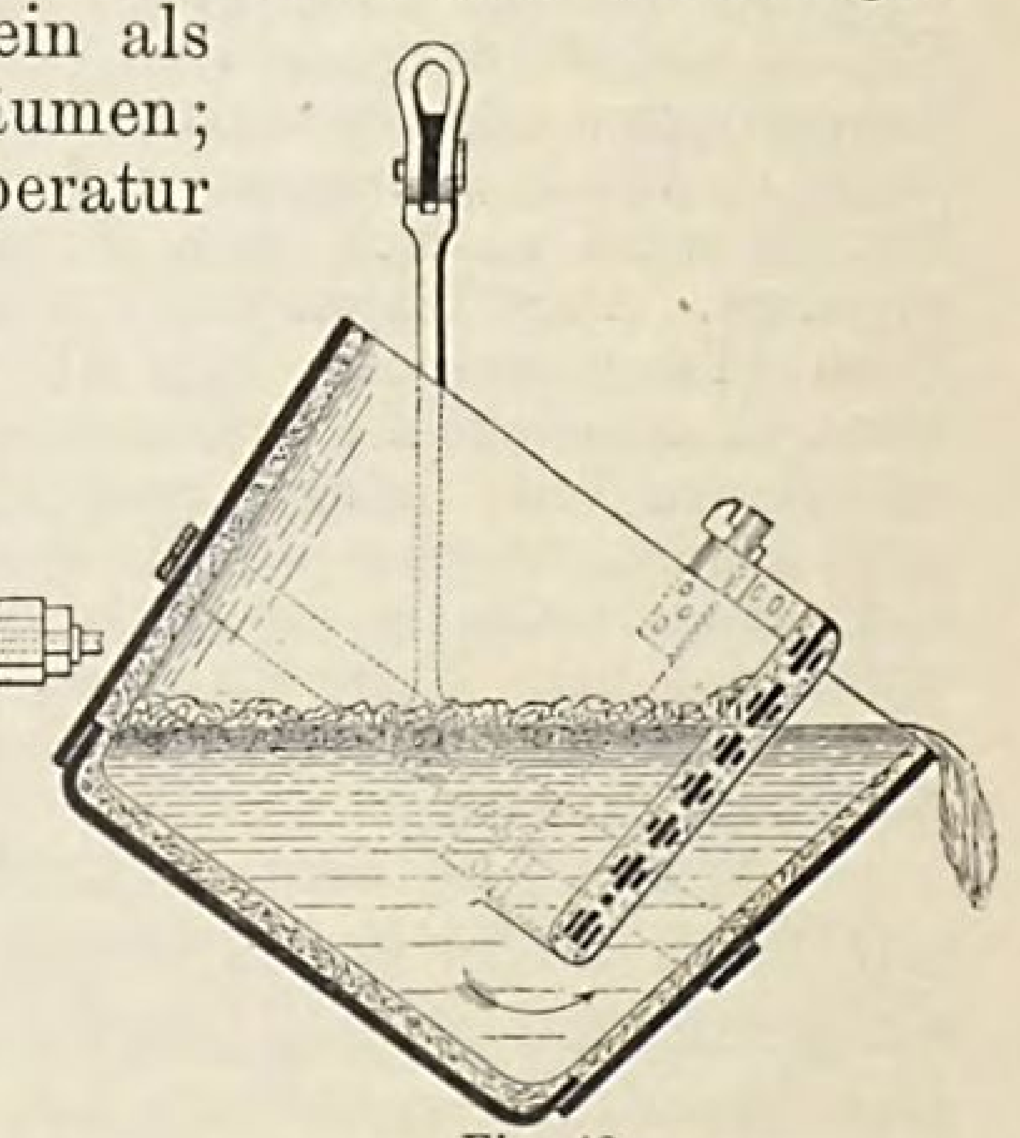

Fig. 40.


Fig. 41.


Fig. 41 a.

Bei dem Vergiessen sind noch folgende Punkte zu beachten: Die Giesstemperatur soll im allgemeinen so niedrig als möglich sein, um starkes Schwinden und Abrundung der Kanten des Gussstückes zu verhüten. Sie richtet sich wesentlich nach der Beschaffenheit des Gussstückes. Besitzt die Form weit verzweigte enge Hohlräume, muss die Giesstemperatur höher sein als bei Formen mit grösseren geschlossenen Hohlräumen; ebenso bei Formen aus nassem Sand. Die Giesstemperatur wird nach dem Aussehen des Eisens beurteilt. Der Eintritt von Schlacken und Oxyden in die Form muss verhindert werden, wozu die schon oben angegebenen Mittel dienen; häufig begnügt man sich auch damit, das Eisen unter einem Prügel Holz austreten zu lassen. Die Eingussöffnung muss stets voll gefüllt sein. Ist das nicht der Fall, so reisst der Eisenstrom Luft mit in die Form, wodurch das Auftreten von Blasen befördert wird. — Die vorhandene Eisenmenge muss stets zur Füllung genügen. Ist nicht genug Eisen vorhanden, so läuft der Einguss leer. Giesst man dann nach, so kann das Metall häufig nicht mehr das bereits entstandene Oxydhäutchen voll durchbrechen,


Fig. 42.


Fig. 42 a.

dieses bildet eine trennende Schicht und das Stück wird Ausschuss (Kaltguss). — Die bei dem Vergiessen sich bildenden brennbaren Gase, Kohlenoxyd, Wasserstoff, Kohlenwasserstoffe, welche, mit Luft gemischt, explosibel sind und aus den Windpfeifen und Steigern, den Spalten und Löchern der Formkästen austreten, müssen sofort entzündet werden, wenn Explosionen und Zerstörung der Form vermieden werden sollen. Es geschieht dies bei kleineren Formen durch einen brennenden Holzspan; bei grösseren Formen auch durch an die betreffenden Stellen geschichtete und entzündete Hobelspäne.

Eine besondere Giessarbeit, die zuweilen bei wertvollen Gussstücken mit Fehlstellen oder bei gebrochenen Stücken vorgenommen wird, ist das Angiessen, fälschlich Anschweissen genannt. Das Verfahren bei dem Angiessen eines gebrochenen Walzenzapfens ist z. B. folgendes. Die Walze wird mit der Bruchfläche nach oben in die Dammgrube eingebaut, die Bruchfläche metallisch rein gemacht, denn nur dann gelingt das Angiessen; dann darüber eine Form für den anzugiessenden Zapfen aufgebaut, die mit Rücksicht auf Bearbeitung und vollständige Vereinigung in der ganzen Bruchfläche im Durchmesser grösser genommen werden muss. In diese Form mündet von unten her der Einguss; diesem gegenüber befinden sich mehrere Abflussöffnungen, deren Lage und Grösse so bemessen sein muss, dass das eingegossene Eisen die Bruchfläche vollständig einige Centimeter hoch bedeckt. Nun lässt man aus einer Pfanne so lange hoch überhitztes Eisen über die Bruchfläche laufen, bis diese anfängt teigig zu werden. Dann verstopft man die Ausläufe, füllt die Form und behandelt sie weiter wie früher angegeben.

Abkühlen der Gussstücke. Zur Vermeidung von inneren Spannungen ist es erforderlich, die Abkühlung langsam und möglichst gleichmässig vor sich gehen zu lassen. Gussstücke mit grösserer geschlossener Masse lässt man in der Form abkühlen; bei Gussstücken mit ungleich verteilten Massen muss man die Abkühlung grösserer Massen durch Freilegen beschleunigen, die kleinerer Massen mit grösserer Abkühlungsoberfläche durch Bedeckthalten verzögern. Ist die Form wenig nachgiebig, so dass durch den Widerstand derselben Spannungen oder Zerreissungen auftreten können, muss man die Form gleich nach dem Erstarren des Gusses auflockern oder das erstarrte Stück herausnehmen und in schlechte Wärmeleiter einbetten. Die Erfahrung weist in jedem einzelnen Falle den Weg.

Putzen der Gussstücke. Darunter versteht man die Beseitigung von Anguss, Windpfeifen und Steiger, der Gussnähte oder des Grates, entstanden durch Eindringen des Eisens in die Trennungsflächen der Sandkörper, der Kerne und alles anhaftenden Formmaterials. Eingüsse, Windpfeifen und Steiger werden abgeschlagen und die noch vorhandenen Rauhigkeiten, ebenso die Gussnähte mit Meisel und grober Feile beseitigt. Anhaftender Formsand wird mit von Hand oder durch Maschinenkraft bewegten, zuweilen an biegsamen Wellen sitzenden Drahtbürsten, angefritteter mit einem Sandstein entfernt. Kleinere Gussstücke werden in Scheuertrommeln oder mittelst Sandstrahlgebläses gereinigt. Die Scheuertrommeln sind cylindrische oder achtseitige, um eine horizontale Axe drehbare Siebtrommeln, in welche man die Gussstücke, scharfkantigen, groben Sand und kleine würfel-, pyramiden- oder oktaëderförmige Gussstücke einlegt. Bei der Drehung wird der Guss vollständig rein gerieben. Mit dem Sandstrahlgebläse bläst man scharfkantigen Quarzsand auf die auf einem gitterartig durchbrochenen Ringtisch liegenden Gussstücke und erzielt dadurch auf billigem Wege eine vorzügliche Reinigung.

Litteratur: Dürre, Handbuch des gesamten Eisengiessereibetriebes, 2. Aufl., Leipzig 1875, 3. Aufl. seit 1890 im Erscheinen. — Gofferjé, Die Schablonensandformerei, 2. Aufl., Leipzig 1880. — v. Hoyer, Lehrb. der mechan. Technol., 2. Aufl., Wiesbaden 1888. — Karmarsch-Fischer, Handb. der mechan. Technol., Leipzig 1891, Bd. 1 u. 2. — Ledebur, Handb. der Eisen- u. Stahlgiesserei, 2. Aufl., Weimar 1892. — Kirchner, Die Kupolöfen für Giessereien, Berlin. — Messerschmidt, Die Kalkulation in der Eisengiesserei, 2. Aufl., Essen 1886. — Novotny, Die Schablonenformerei in Lehm und Sand, Sonderabdruck aus den Mitteilungen des technolog. Gewerbemuseums in Wien 1886/87. — Rott, Die Fabrikation des schmiedbaren und Tempergusses, Leipzig 1881. — Schott, Kunstgiesserei in Eisen, Braunschweig 1873. — v. Schütz, Der Hartguss und seine Bedeutung für die Eisengiesserei, Magdeburg 1890, 2. Aufl. — v. Köppen, Ueber Giesserei-Kalkulationen, Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1881, S. 193. — Schmelzer, Die Werkstättenbuchführung für den Maschinenbau, 2. Aufl., Leipzig 1884. — Fischer, Ueber die Herstellung der Sandgussformen mittelst sogen. Formmaschinen, Dingl. polyt. Journ. 1882, Bd. 246.

Lüdicke.

Eisengips, s. Vivianit.

Eisenglanz, s. v. w. Roteisenerz.

Eisenglasur, s. Brauerlacke.

Eisenglimmer, s. Roteisenerz.

Eisenglimmergneiss, ein Gneiss, welchem statt des Glimmers Schüppchen und Blättchen von Eisenglanz oder Eisenglimmer beigemengt sind.

Eisenglimmerschiefer ist Glimmerschiefer mit reichlich beigemengtem Eisenglanz (Eisenglimmer) in Schüppchen und Blättchen.

Eisenhammer, eine Eisenhütte (s. d.) mit Hammerwerk zum Frischen des Eisens oder zum blossen Abschmieden. Die ursprünglich zum Betriebe benützten Aufwerfhämmer (s. Aufwerfhammer) sind jetzt ganz allgemein durch Dampfhämmer (s. d.) ersetzt worden.

Eisenhammerschlag, s. unter Hammerschlag.

Eisenholz, s. Nutzhölzer.

Eisenhütte (Eisenwerk), Anstalt, in welcher Eisenerze verhüttet werden, um Roheisen, Schmiedeeisen oder Stahl zu gewinnen. Man pflegt sie in der Nähe von Eisengruben anzulegen und mit deren Betriebe zu verbinden. Sie umfassen ausser den nötigen Hochöfen gewöhnlich Hammer- und Walzwerke, sowie Giessereien (vergl. Eisen, Roheisen, Eisengiesserei, Schweisseisen und Flusseisen).

Eisenhydroxyd, Eisenoxydhydrat oder Ferrihydrat. Das eigentliche Hydrat, $Fe_2(HO)_6$, ist eine sehr unbeständige Verbindung, die leicht unter Abgabe von Wasser in die Hydrate der Formeln $Fe_2O(HO)_4$ und $Fe_2O_2(HO)_2$ übergeht. Je nach der Bildung oder Darstellung bilden diese Hydrate gelbe, braune und rote, amorphe, erdige und auch kristallinische Massen, die sich in grossen Mengen auch natürlich finden. Sie geben alle verhältnismässig leicht, bei 70° bis 150° ihr Wasser ab und gehen dann in Oxyd über. In Wasser sind sie so gut wie unlöslich; nur unter besonderen Vorsichtsmassregeln lässt sich ein lösliches Hydrat herstellen. In Säuren sind sie meist löslich. Unter den natürlich vorkommenden Hydraten sind zu nennen: der Rost (entsteht durch Oxydation von Eisen an feuchter Luft), Brauneisenstein, brauner Glaskopf, Raseneisenstein, Minette, Eisenocker u. s. w. Die künstliche Darstellung von Ferrihydraten findet nur für pharmaceutische Zwecke statt und pflegt man dann Ferrisalzlösungen durch Ammoniak zu fällen. Die natürlichen Hydrate verwendet man als Farben und zur Eisengewinnung. *Borchers.*

Eisenkalkstein ist ein mit Eisenoxyd oder Eisenoxydhydrat stark durchsetzter, brauner oder roter Kalkstein, meist dicht, auch porös und zellig, zuweilen sandig und thonig. Er tritt als Lager in der Devon-, Steinkohlen- und braunen Juraformation auf.

Eisenkarbide oder Kohlenstoffeisen nennt man Vereinigungsprodukte des Eisens mit Kohlenstoff (s. auch Eisen).

Eisenkies, s. v. w. Schwefelkies.

Eisenkiesel, s. Quarz.

Eisenkitt (Rostkitt), zur Verbindung von Eisen mit Eisen, oder Stein mit Stein, oder Eisen mit Stein dienender Kitt. Sein Hauptbestandteil ist Eisen; seine Wirkung beruht auf der Bildung basischer Eisensalze bei Einwirkung schwacher Säuren auf überschüssiges Eisen.

Zu seiner Herstellung mischt man Eisenfeilspäne mit Essig oder verdünnter Schwefelsäure, oder rührt Eisenfeilspäne und gepulverten Eisenvitriol mit Essig oder Schwefelsäure zu einem Brei an. Zur Verkittung von Eisen mit Eisen bedient man sich mit Vorteil eines Gemisches von Eisenfeile, Schwefelblumen und Salmiaklösung. Ein Gemisch aus 4 Teilen Eisenfeile, 2 Teilen Thon und 1 Teil gepulvertem Porzellan mit gesättigter Kochsalzlösung liefert einen guten Kitt für Eisen, das höheren Temperaturen ausgesetzt ist.

Eisenlacke, speziell für den Anstrich von Eisenteilen und Eisenwaren bestimmte, schnelldeckende, tiefbraune oder auch schwarze Lacke; s. auch Asphaltlacke.

Eisenlegirungen. Betreffs der Legirungen des Eisens mit seinen gewöhnlichen Nebenbestandteilen in den im regelmässigen Hüttenbetriebe ihm zugeführten Mengen s. die Art. Eisen, Roheisen, Flusseisen, Schweisseisen. Hier sollen nur die Legirungen mit nicht allgemein in ihm auftretenden Stoffen und mit besonders grossen Mengen der regelmässigen Nebenbestandteile aufgeführt werden. — Aluminiumeisen, Ferroaluminium s. Aluminiumlegirungen. — Chromeisen, Ferrochrom wird erzeugt aus Chromeisen-

stein durch reduzirendes Schmelzen mit Flussmitteln und Kohle, anfangs in Tiegeln, seit etwa 1878 in Boucau und Terre Noire [1] auch im Hochofen mit sehr verschiedenem Chromgehalt, heute meist mit 45—65 %, und sehr hohem Gehalte an Kohlenstoff (8,5—12 %) unter Aufwand von sehr viel Brennmaterial (3 t auf 1 t Erzeugnis) [2]. Die Legirung ist zinnweiss, zeigt bei hohem Chromgehalte eigentümlich kristallinisches Gefüge, ist sehr spröde und sehr strengflüssig; sie findet ausschliesslich Verwendung zur Erzeugung des Chromstahles. In gleicher Weise kann auch Chromeisenmangan erzeugt werden. — Chromstahl ist ein Tiegelgussstahl (s. Flusseisen) mit 0,4—2 % *Cr*, welcher sich durch hohe Härte auszeichnet, ohne doch an Zähigkeit so viel eingebüsst zu haben als ein gleich harter Kohlenstoffstahl. Das Chrom an sich steigert nach Hadfield [3] die Härte nicht so sehr, als Chrom und Kohlenstoff zusammen. Die Grenze, bis zu welcher die Festigkeit mit dem Chromgehalte wächst ohne Verminderung der Zähigkeit, ist jedoch bald erreicht, wie aus dem Einflusse beim Härten hervorgeht. Bei 0,5 % Chrom neben 1 % Kohlenstoff darf nur mit Vorsicht gehärtet werden, um Risse zu vermeiden; bei mehr als 1 % Chrom ist das Härten nicht mehr ausführbar. — Kupferstahl wird von Schneider & Co. in Creuzot durch Eintränken von 2—4 % Kupfer in den im Tiegel oder Martinofen befindlichen flüssigen Stahl hergestellt (Brit. P. 16569 von 1888). Nach anderen Angaben wird zuerst aus einer Beschickung von Kupferabfällen, Roheisen und Koks eine Kupferlegirung erzeugt und diese dann in der erforderlichen Menge im Stahlbade eingetränkt. Kupferstahl soll für militärische Zwecke geeignet sein; genaue Kenntnis seiner Eigenschaften hat man noch nicht. Ueber mechanische Proben mit Kupferstahlen verschiedener Herkunft machen Ball und Wingham Mitteilung [4]. — Manganeisen, Ferromangan nennt man die Zwischenstufen zwischen Roheisen und Rohmangan mit 25—90 % Mangan. Der Kohlenstoffgehalt ist hoch, bis 7 %, die Absorptionsfähigkeit für Gase sehr bedeutend; im erstarrten Zustande treten die Gase zum teil wieder aus und verursachen ein Zerfallen der häufig aus nadelförmigen Kristallen aufgebauten Stücke. Die Herstellung erfolgt wie die des Roheisens im Hochofen. Verwendung findet es ausschliesslich als Desoxydationsmittel bei der Flusseisenerzeugung, der Herstellung von Bronzen und anderen Legirungen. — Manganstahl findet nur beschränkte Anwendung für gegossene und geschmiedete Gegenstände, die starker Abnützung ohne heftige Erschütterungen unterworfen sind (Förder- und Pferdebahnwagenräder, Wagenaxen, Brückenbolzen); er enthält 10—20 % Mangan neben 1—1,60 % Kohlenstoff, entsprechend der Wirkung des Mangans grösstenteils als Härtungskohle, auch im naturharten Zustande. Seine Festigkeit ist nicht grösser, aber seine Zähigkeit merklich geringer als die eines Kohlenstahles mit gleichem Kohlenstoffgehalte. Höchst bemerkenswert ist es, dass das Abschrecken seine Sprödigkeit nicht erhöht, sondern ganz wesentlich vermindert; z. B. zeigte Stahl mit 1,1 % *C*, 0,16 % *Si* und 12,6 % *Mn* geschmiedet und langsam gekühlt 61,2 kg/qmm Zugfestigkeit und 2,0 % Dehnung auf 200 mm Länge, aus Gelbhitze in Oel abgelöscht aber 78,5 kg/qm und 28,0 %, in Wasser abgelöscht 84,8 kg/qmm Festigkeit und 27 % Dehnung [5]. Die Herstellung erfolgt durch Eintränken von Ferromangan in dem betr. Stahlbade. — Nickeleisen, Ferronickel, Nickelspiegeleisen ist schon länger durch gleichzeitige Reduktion von Nickel- und Eisen-, bezw. auch Manganerzen im Hochofen erzeugt worden behufs Zuschlages bei der Erzeugung von Nickelstahl; da aber hierbei die Verunreinigungen der Erze zum teil in die Legirung eingehen und die Eigenschaften des Stahles schädigen, zieht man zurzeit vor, anstatt Ferronickel möglichst reines Nickel zu verwenden. — Nickelstahl ist ein Flusseisen von wechselndem Kohlenstoff- und niedrigem Nickelgehalt; letzterer übersteigt des hohen Preises wegen 3 % in der Regel nicht. Man stellt die Legirung seit 1885 vorwiegend in Nordamerika, doch auch in Deutschland (Krupp) her zur Verwendung für Panzerplatten. Nickel steigert die Härte besonders dann beträchtlich, wenn daneben der Kohlenstoffgehalt nicht zu gering ist (nicht unter 0,5 %); desgleichen wächst die Festigkeit, jedoch ohne die gleichzeitige Verminderung der Zähigkeit, wie sie eine die gleiche Wirkung hervorbringende

Menge Kohlenstoff verursachen würde. Die Nickeleisenlegirungen unterliegen zurzeit einem eingehenden Studium durch die königl. technischen Versuchsanstalten in Berlin [6], [7]. — Siliciumeisen, Ferrosilicium ist eine Roheisenlegirung mit einem bis 20 % steigenden Silicium- und niedrigem Kohlenstoffgehalte, die bei 8—10 % *Si* noch das Aussehen von grauem, bei 12 und mehr Prozent das von hellerem Roheisen mit luckigem Bruche hat. Betreffs der Darstellung vergl. den Art. Roheisen. Verwendung findet es ausschliesslich in der Flusseisendarstellung zur Desoxydation und Verhinderung von Gasausscheidungen, also zur Erzielung dichter Güsse. — Silicospiegel oder Ferromangansilicium enthält neben 10—20 % Silicium noch 30 % Mangan und dient denselben Zwecken. — Spiegeleisen ist ein Roheisen von weisser Farbe, grobkristallinischem, blätterigem Gefüge, höherem (5—25 %) Mangan- und dementsprechend etwas übernormalem (5—6 %) Kohlenstoffgehalt. Betreffs der Darstellung vergl. d. Art. Roheisen. Verwendung findet es bei der Schweissstahl- und Flusseisenerzeugung, bei letzterer als Desoxydationsmittel. — Wolframeisen, Ferrowolfram wird dargestellt aus natürlichen Wolframiten nach vorhergehender Röstung behufs Austreibung von Schwefel und Arsen durch Reduktion mit Kohle in Tiegeln. Der Schwerschmelzbarkeit wegen stellt man nur selten reichere Legirungen als mit 40 % Wolfram her. Nach Kerpely [1] hat man in Terrenoire auch im Hochofen Wolframeisen mit 24 % Wolfram erzeugt. Der Bedarf für die Erzeugung von Stahl ist aber nicht gross genug, um dauernd einen Ofen auf die Legirung gehen lassen zu können. — Wolframstahl ist im Tiegel dargestellter Werkzeugstahl von besonderer Härte (bis 7) zur Bearbeitung sehr harter Gegenstände (Hartguss, Weisseisen) mit 2—9 % Wolframgehalt; die natürliche Härte kann durch Abschrecken nicht gesteigert werden, ohne dass Risse entstehen. Ein geringer Mangangehalt soll die Sprödigkeit vermindern, die Schmiedbarkeit erhöhen [8].

Litteratur: [1] A. v. Kerpely, Eisen und Stahl auf der Weltausstellung zu Paris im Jahre 1879, S. 78. — [2] Hadfield, Journ. of the Iron and Steel Inst. 1892, II, S. 42. — [3] Stahl u. Eisen 1893, S. 21. — [4] Journ. of the Franklin Inst. 1891, S. 788. — [5] Hadfield, Journ. of the Iron and Steel Inst. 1888, II, S. 70. — [6] Journ. of the Franklin Inst. 1892, S. 427. — [7] Verh. d. Ver. z. Bef. d. Gewerbefl. in Preussen 1893, S. 79. — [8] Jahrb. f. d. Berg- u. Hüttenwesen im Kgr. Sachsen 1879, S. 119. — [9] Ledebur, Handb. der Eisenhüttenkunde, 2. Aufl., Weimar 1892, Bd. 1 u. 3. — [10] Wedding, Grundriss der Eisenhüttenkunde, 2. Aufl., Berlin 1880, Bd. 1. — [11] Beckert, Leitfaden zur Eisenhüttenkunde, Berlin 1885. *Beckert.*

Eisenmennige, dunkelrote bis dunkelviolettrote, ziemlich schwere, sehr ausgiebige Farbe, die zuerst aus Belgien in den Handel kam und dort fast ausschliesslich zum Anstrich von Eisenkonstruktionen benützt wird, anstatt der Bleimennige, und welche man, um sie von dieser zu unterscheiden, mit dem Namen Eisenmennige belegt hat, obwohl eine Verwechslung unmöglich ist. Sie scheint aus Eisenglimmer, der sich leicht mahlen lässt, hergestellt zu werden, doch ist bei ihrem Ankauf Vorsicht geboten, da viele andere Eisenfarben unter dem Namen Eisenminium in Verkehr kommen, die nicht jenen Gehalt an Eisenoxyd besitzen, den sie aufweisen sollen. In Deutschland verlangt die Behörde einen Minimalgehalt von 80 % Eisenoxyd, in Belgien und Holland einen solchen von 60 %; die Farbe muss frei von Schwefelmetallen und schwefelsauren Salzen sein. *Andés.*

Eisenmulm, s. Roteisenerz.

Eisennickelkies, ein Mineral, Schwefel-Eisen und Schwefel-Nickel = $2\,FeS + NiS$ (36,09 % *S*, 21,81 % *Ni*, 42,10 % *Fe*) kristallisirt regulär; meist derb und in körnigen Aggregaten; helltombakbraun, spröde, mit dunklem Strich, nicht magnetisch; Härte 3,5—4; spez. Gew. 4,6. Im südlichen Norwegen vorkommend. Technisch unbedeutend.

Eisennickellegirung, s. Eisenlegirungen.

Eisennieren, s. Brauneisenerz.

Eisenoolith, Eisenrogenstein, oolithisches Eisenerz, ein Eisenerz, welches aus kleinen dunkelkastanienbraunen oder roten runden Körnern von Thoneisenstein und Roteisenerz besteht. Die Korngrösse kommt derjenigen des feinen Schiesspulvers gleich, die Form ist meist linsenförmig. Das spez. Gew. beträgt

2,68 bei dem Eisenoolith der braunen Juraformation in Schwaben. Die Eisenoolithe bilden Lager in den Schichtgesteinen, besonders in der Juraformation.

Wichtig für die Eisendarstellung ist besonders das oolithische Eisenerz, auch „Minette" genannt, aus der braunen Juraformation (Dogger) in Lothringen und Luxemburg. Es bildet hier ein stellenweise bis 20 m mächtiges Lager, dessen Eisengehalt zum grössern Teil als Eisenoxydhydrat, zum geringern Teil als Eisenkarbonat vorhanden ist und sich bis zu 41 % beläuft. Die Farbe der etwa 0,25 mm grossen oolithischen Körner ist braun, rot, schwarz und bei Karbonatgehalt auch wohl grünlich. Der Phosphorgehalt ist bedeutend (bis 1,5 %), der Kieselsäuregehalt geht bis zu 33 %.

Litteratur: Bluhme, Luxemburg und Lothringen, Korrespondenzblatt d. naturhist. Ver. von Rheinland, 1873, S. 45. — Werveke, L. van, Erläuterungen zur geolog. Uebersichtskarte der südl. Hälfte von Luxemburg, Strassburg 1887. — Giessler, Zeitschr. f. Berg-, Hütten- u. Salinenwesen im preussischen Staat, 1875, Bd. 23, S. 9. *Leppla.*

Eisenorange, s. Eisenfarbe.

Eisenoxyd, Eisensesquioxyd oder Ferrioxyd entspricht seiner Zusammensetzung nach der Formel Fe_2O_3. Je nach seiner Bildungsweise bildet es ein amorphes, erdiges, braunrotes Pulver, oder tiefrote, violette und fast schwarze Massen. Die dichteren, besonders Naturprodukte, treten auch kristallisirt auf. In Wasser sind alle Formen dieses Oxydes unlöslich; auch in Säuren sind sie nur schwer löslich. Unter den natürlich vorkommenden Eisenoxyden sind zu nennen: Roteisenstein (s. Roteisenerz), roter Glaskopf und Eisenglanz. Künstlich erhält man es als Röstrückstand von Schwefelkies bei der Schwefelsäurefabrikation und als Rückstand bei der Herstellung des rauchenden Vitriolöls. Die natürlichen Eisenoxyde dienen hauptsächlich zur Eisenerzeugung, die auf künstlichem Wege dargestellten als Farben (Berlinerrot), Polir- und Schleifmittel. *W. Borchers.*

Eisenoxydhydrat, s. v. w. Eisenhydroxyd (s. d.).

Eisenoxydsalze, s. Eisen (chemisch).

Eisenoxydul, Ferrooxyd, ein Oxyd der Formel FeO, hat wegen der Schwierigkeit seiner Darstellung und wegen seiner geringen Haltbarkeit als Handelsprodukt keine Bedeutung. Es bildet sich bei der Reinigung des Leuchtgases, wenn man in den Trockenreinigern Eisenhydroxyde (Raseneisenerz) verwendet unter Einwirkung des Schwefelwasserstoffes auf letztere.

Eisenoxyduloxyd, magnetisches Eisenoxyd, Fe_3O_4, ist als Vereinigungsprodukt von FeO und Fe_2O_3 zu betrachten. Es bildet dunkelgraue, metallisch glänzende amorphe und kristallinische Massen und ist magnetisirbar. Es bildet sich auch beim Verbrennen von Eisen bei höheren Temperaturen, beim Schmieden und Walzen z. B. (Hammerschlag). — Künstlich kann es ferner durch reduzirendes Rösten anderer Eisenoxyde und des Spateisensteines erhalten werden, und ist diese Darstellungsweise in neuerer Zeit zur elektromagnetischen Aufbereitung armer Eisenerze oder eisenhaltiger anderer Erze von Wichtigkeit geworden. Natürlich kommt es als Magneteisenstein vor. — Es findet bei der Roheisengewinnung und bei der Herstellung des schmiedbaren Eisens Verwendung (Siemens-Martin-Prozess). *W. Borchers.*

Eisenoxydulsalze, s. Eisen (chemisch).

Eisenpausprozess, s. Photographie.

Eisenrahm, s. Roteisenerz und Eisenrot.

Eisenrogenstein, s. Eisenoolith.

Eisenrot, Caput mortuum, Colcothar, Crocus martiis, Eisenrahm, Eisensaffran, Engelrot, Englischrot, Indianerrot, Königsrot, Marsrot, Mineralpurpur, Neapelrot, Polirrot, Pompejanerrot, Rötel, Roterde, rote Eisenerde, Totenkopf, rote Körperfarbe, aus mehr oder weniger reinem Eisenoxyd bestehend und daher in den unterschiedlichsten roten, braunroten, violettroten Farben (Eisenviolett), licht- und luftbeständig, in Oel und Wasser zu allen Anstrichen anwendbar, dienen auch als Schleif, Polir- und Putzmittel. Sie sind teilweise Naturprodukte, durch Graben gewonnen, durch Mahlen, Walzen und Schlämmen gereinigt, teils Kunstprodukte, indem man gelben Ocker einem Glühprozesse unterwirft, oder aber aus den Rückständen der Vitriolölfabrikation (Caput mortuum, Totenkopf, Colcothar) und aus dem Eisenschlamm der Alaunwerke gewonnen und weisen namentlich die letzteren sehr grosse Unterschiede in der Nuance von ziemlich

feurigem Rot bis zu dunklem Braunviolett auf. Die feurigsten Sorten werden als Indischrot, Indianerrot, Königsrot u. s. w. bezeichnet, die gewöhnlichen als Englischrot, Engelrot u. s. f., während Crocus martii, Eisensaffran, Polirrot die durch Zusammenschmelzen von Eisenvitriol und Kochsalz gewonnenen und zu Polirzwecken dienenden Arten sind. Im Handel kommen unter den vorgenannten Bezeichnungen sowohl die natürlichen als auch die künstlich hergestellten Eisenoxyde vor, so dass häufig Englischrot — also eigentlich natürliches Eisenoxyd — als Caput mortuum und umgekehrt dieses als Englischrot verkauft wird. Behufs Gewinnung von Caput mortuum aus den in den Destillirgefässen der Schwefelsäurefabrikation zurückbleibenden Resten werden diese mit 2—6 % Kochsalz gemengt und geglüht, wodurch je nach dem Kochsalzgehalt und der verschieden intensiven Glühhitze durch sorgfältige Leitung des Prozesses alle Mitteltöne, zwischen dem reinen Eisenrot und reinem Violett liegend, hergestellt werden können. Der Eisenschlamm der Alaunwerke wird mit Wasser aufgerührt, in ein Gerinne mit geringer Neigung geleitet und in, nach verschiedenen Zwischenräumen unter den Rinnen aufgestellten Bottichen die Flüssigkeit aufgefangen. In den Bottichen scheidet sich nun (je weiter vom Einlauf entfernt, um so feiner) der Schlamm ab, wird in der Luft getrocknet und hierauf im Ofen geglüht. Der Ofen besteht aus einer Anzahl von Kammern, weiter und näher von der Feuerung entfernt, weshalb man auch Eisenoxyd von verschiedener Färbung, je nach der Temperatur erhält. *Andés.*

Eisenrüstung. Wenn der Ausbau (s. d.) eines Tunnels unter Verwendung von Holz nicht mehr die nötige Sicherheit gegen Zusammendrückungen oder

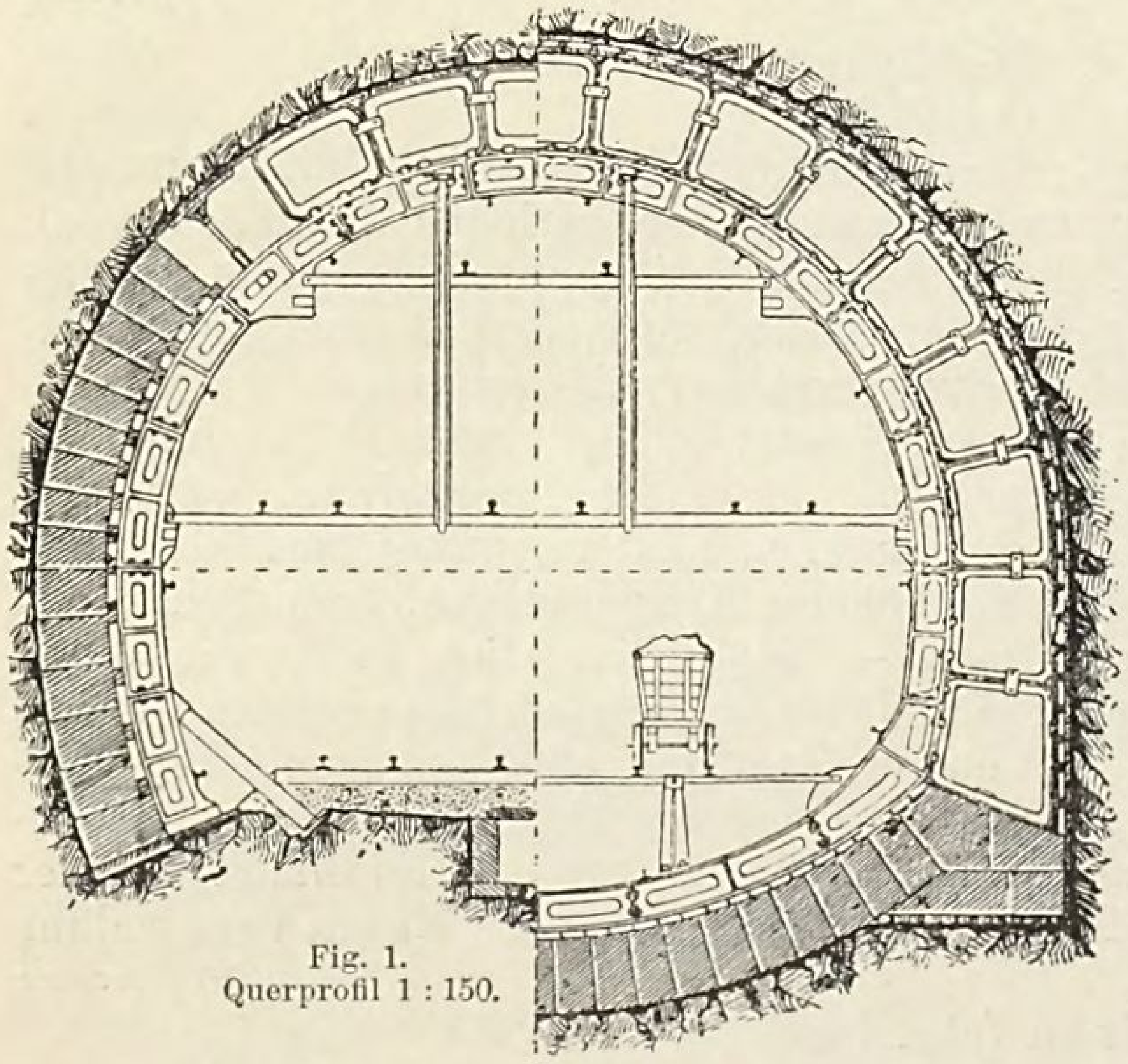


Fig. 1. Querprofil 1 : 150.

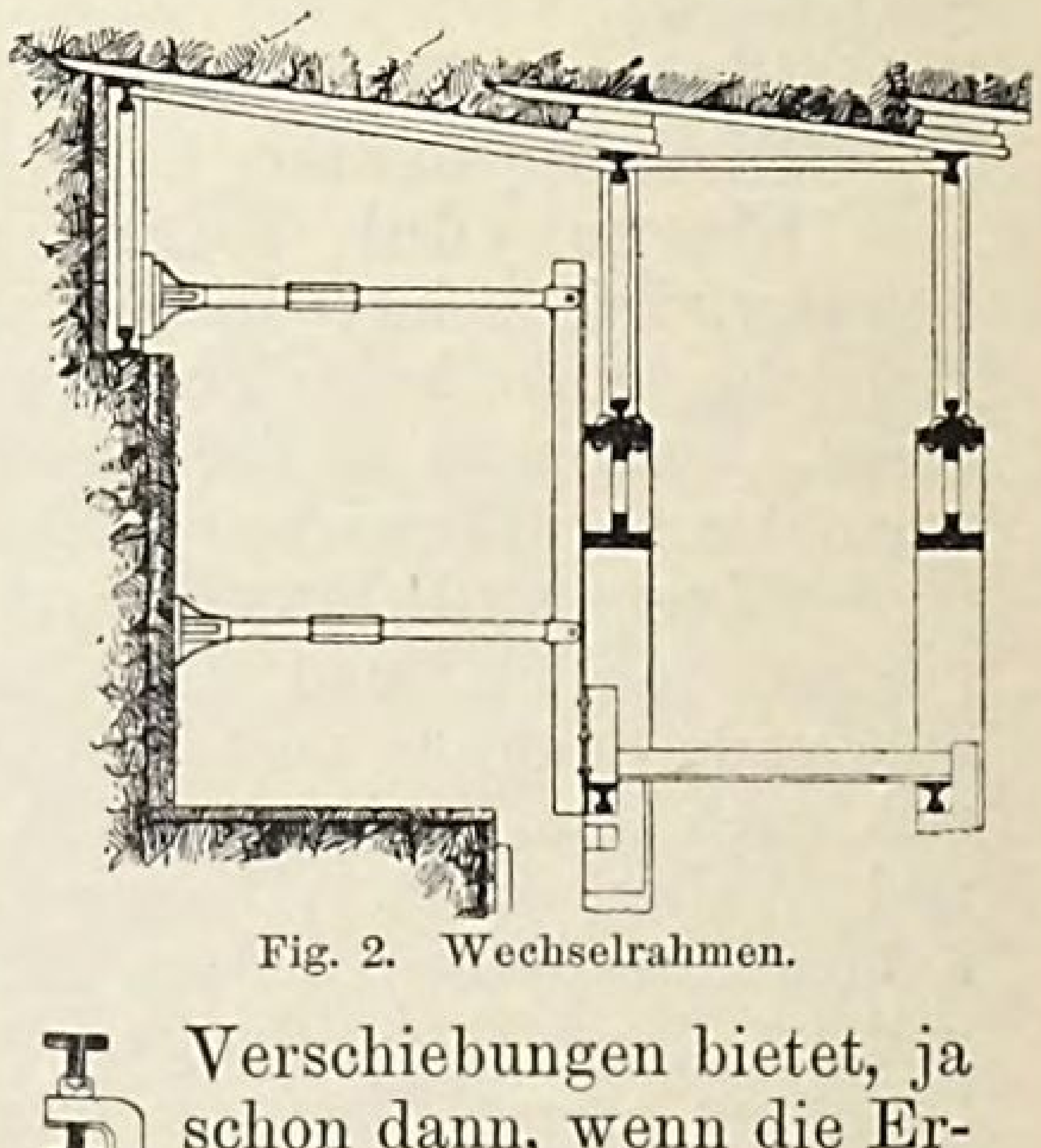


Fig. 2. Wechselrahmen.

Verschiebungen bietet, ja schon dann, wenn die Erreichung der erforderlichen Sicherheit unter

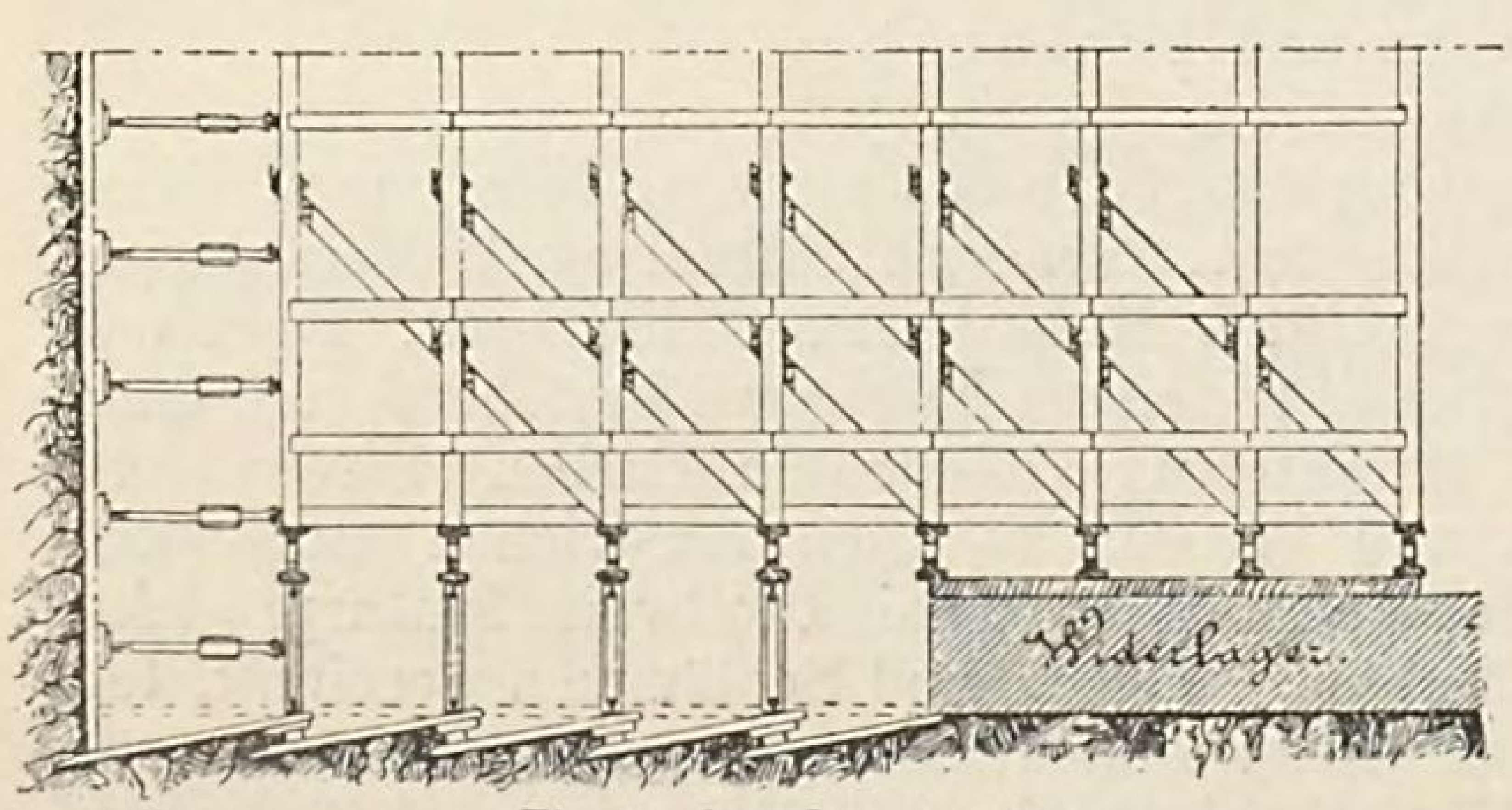


Fig. 3. Grundriss 1 : 150.

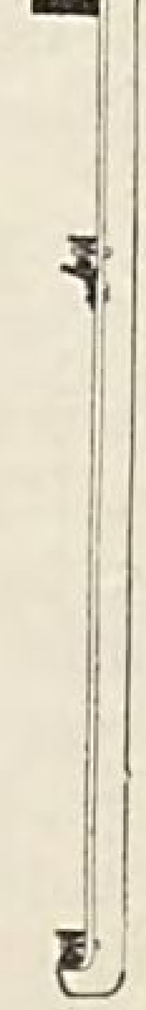


Fig. 4. Hängeeisen.

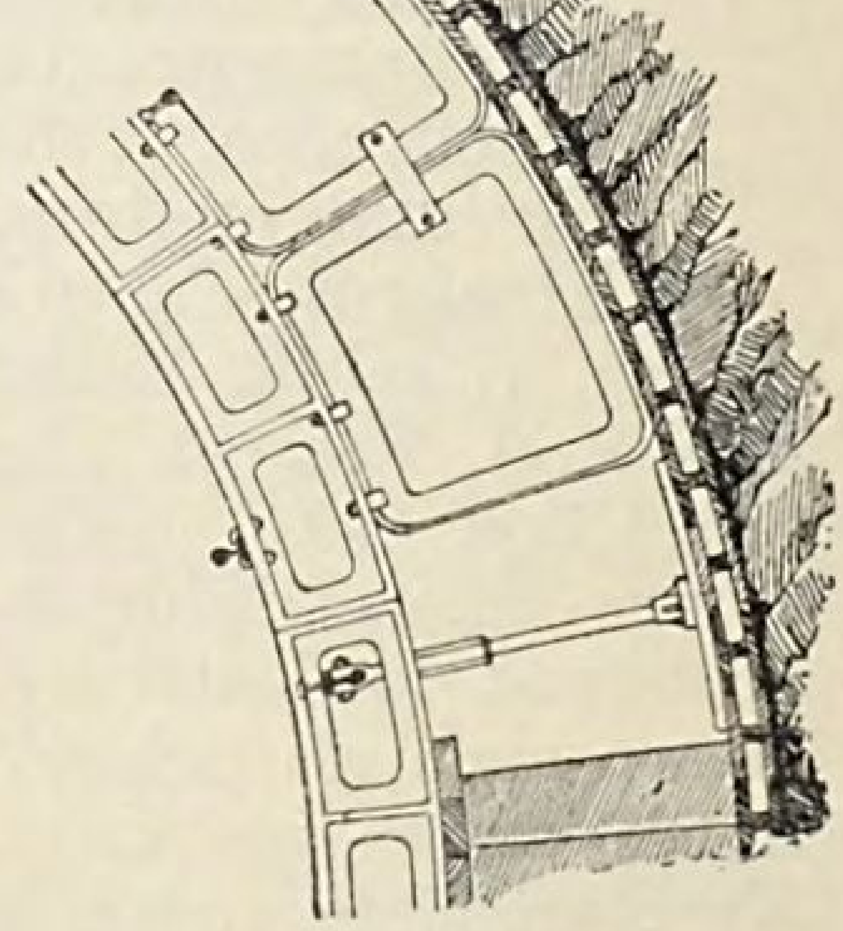


Fig. 5. Tunnelrahmen.

Verwendung von Holz ganz ungewöhnlich hohe Kosten und eine den Arbeitsbetrieb hemmende Raumverengung verursachen würde, dann ist man genötigt,

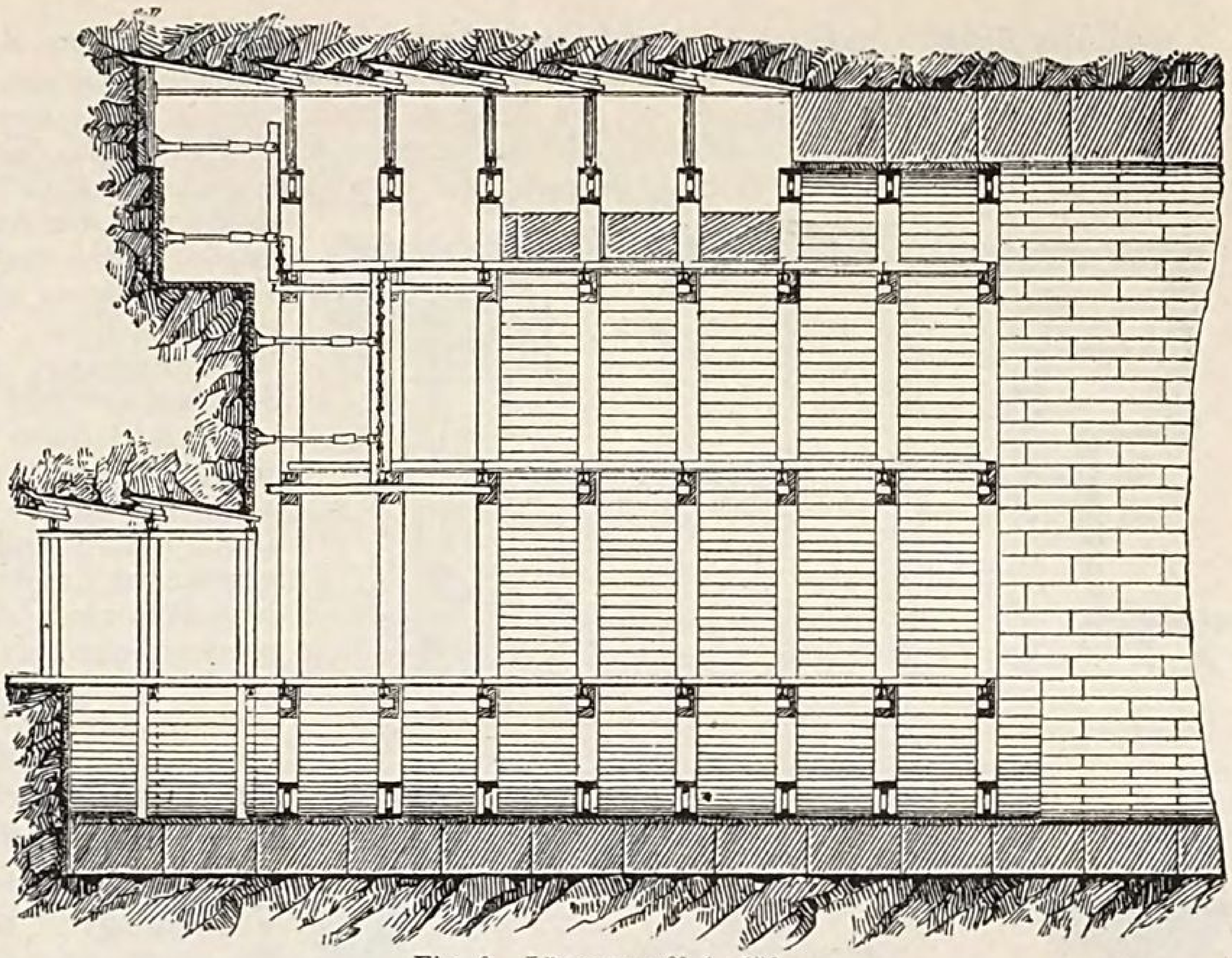


Fig. 6. Längenprofil 1 : 150.

den Ausbau unter Verwendung von Eisen auszuführen. Sieht man von denjenigen Fällen ab, in denen wie beim Brunel'schen System oder dem Greathead'schen Röhrentunnel das Eisen in Gestalt einer fortlaufenden Röhre unter Deckung des Vortriebs durch einen Schild erfolgt, worüber unter Subaquarer Tunnel das Nähere besprochen wird, so ist es das Verdienst F. Rzihas, das Eisen als Rüstung zuerst beim Tunnelbau angewendet zu haben. Die traurigen Erfahrungen, welche derselbe beim Czernitzer Tunnel mit Anwendung des Holzes gemacht hatte, bewogen ihn, 1864 einen Vorschlag zur Anwendung der Eisenbaumethode zu veröffentlichen, und die braunschweigische Regierung gab ihm Gelegenheit zur erstmaligen Anwendung seines Systems beim Bau des Ippeuser und Naënser Tunnels. Ein Vorgang für die Anwendung des Eisens hatte sich kurz vorher beim Bergbau durch die Anwendung gebogener Eisenbahnschienen als Ersatz der Stollengeviere zum Anstecken der Verpfählung gefunden, und das Streben Rzihas ging dahin, diesen eisernen

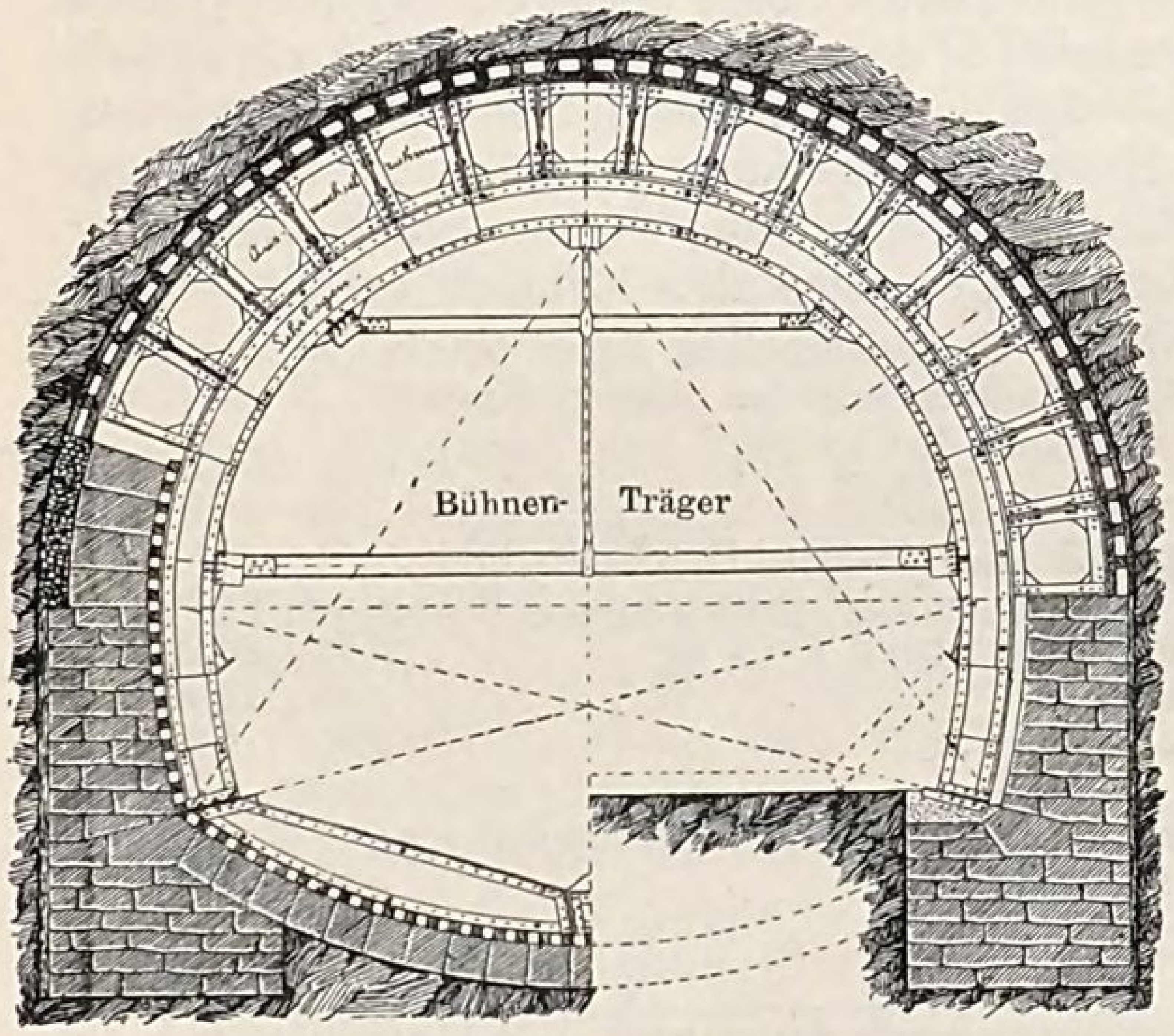


Fig. 8. Querprofil 1 : 150.

Rahmen, auf welchen unmittelbar der Gebirgsdruck durch die Pfähle übertragen wurde, auch auf das viel grössere Profil eines Tunnels anzuwenden. Charakteristisch für das System ist die Teilung dieses starken, den ganzen Umfang des Baues sichernden Rahmens in zwei Teile, von denen der innere, feste, zugleich den Lehrbogen für die Ausführung des Tunnelgewölbes abgab, während der

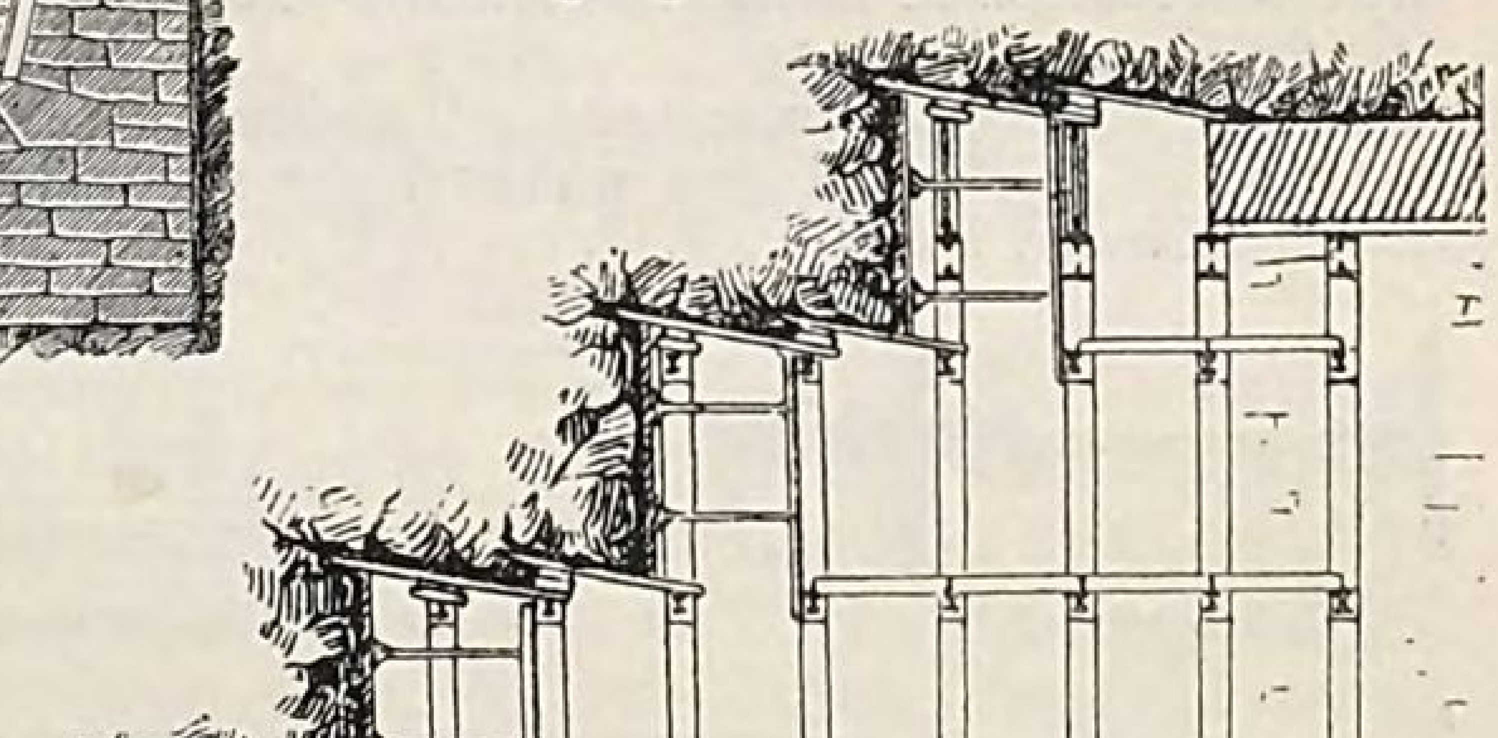


Fig. 7. Längenprofil 1 : 150.

äussere, aus einzelnen Teilen (Auswechselrahmen) bestehende, zum allmälichen Ersatz durch die Wölbung selbst bestimmt war. So entstand diese erste, aus den Figuren 1—7 näher ersichtliche Konstruktion.

Um dieselbe möglichst billig herzustellen, verwendete Rziha, soweit thunlich, alte Eisenbahnschienen, aus denen er die einzelnen Auswechselrahmen sowohl als die Bühnenträger und Hängeeisen herstellte, während er den inneren Tunnelrahmen selbst aus Gusseisen konstruirte und die einzelnen Teile desselben mittelst angegossener Flantschen und Schrauben verband. Wenn er diesen Zweck auch in Anbetracht der damals herrschenden niedrigen Preise des Gusseisens und der Altschienen erreichte, so wurde doch dabei die Konstruktion überaus schwer und die Verbindung der einzelnen Teile, wie beispielsweise der Wechselrahmen unter einander durch Schellen und die Befestigung derselben auf die Rahmen mit Hakenschrauben unbequem und mangelhaft. Trotz dieser Mängel bewährte sich das System bei diesen ersten und einigen späteren Anwendungen ausgezeichnet. Es gestattete den Aufschluss des vollen Profils, bot grosse Sicherheit gegen den Gebirgsdruck, liess die Anwendung von Getriebezimmerung zu und vereinfachte namentlich die Auswechslung der Bölzung durch die Mauerung ganz erheblich.

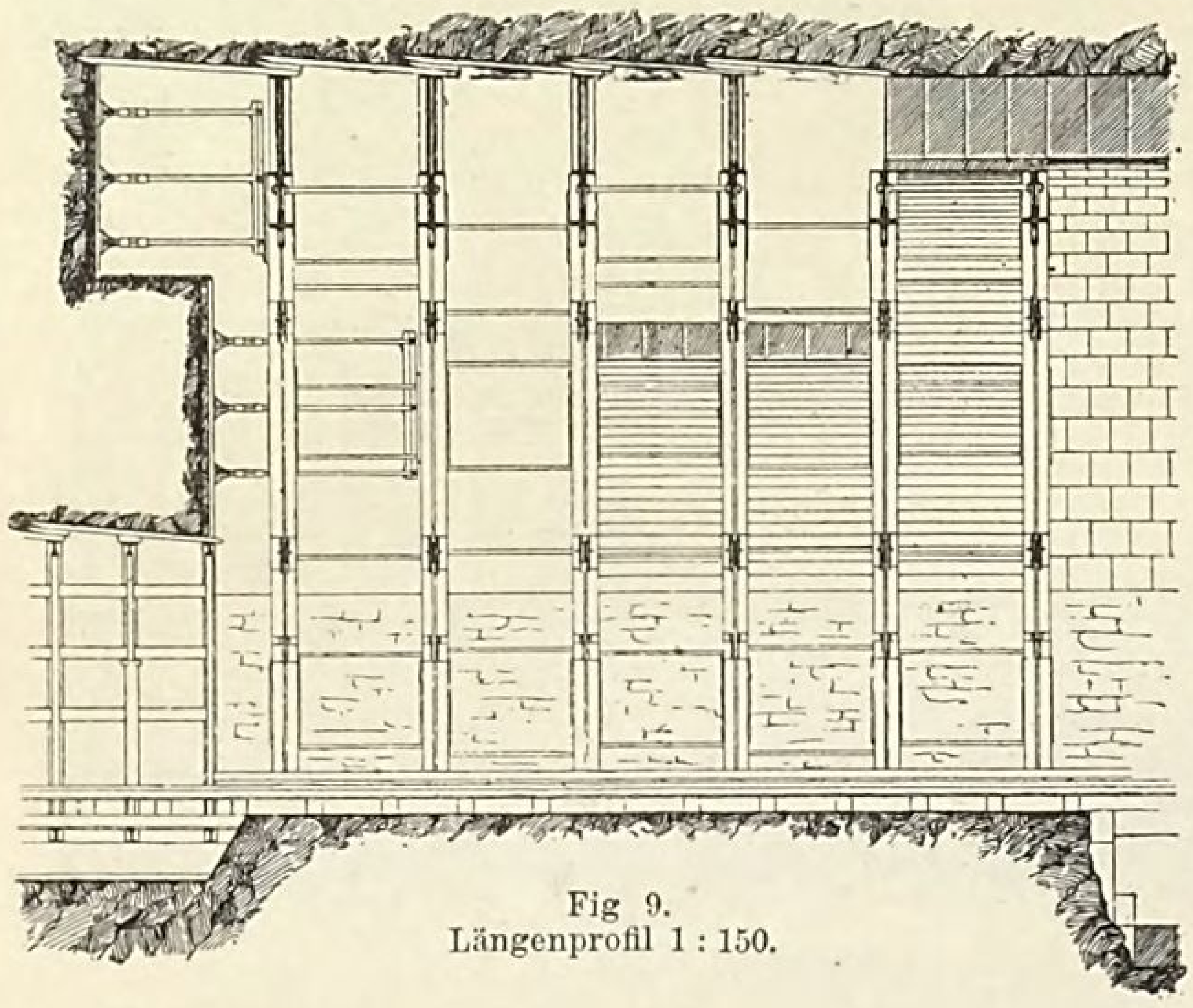
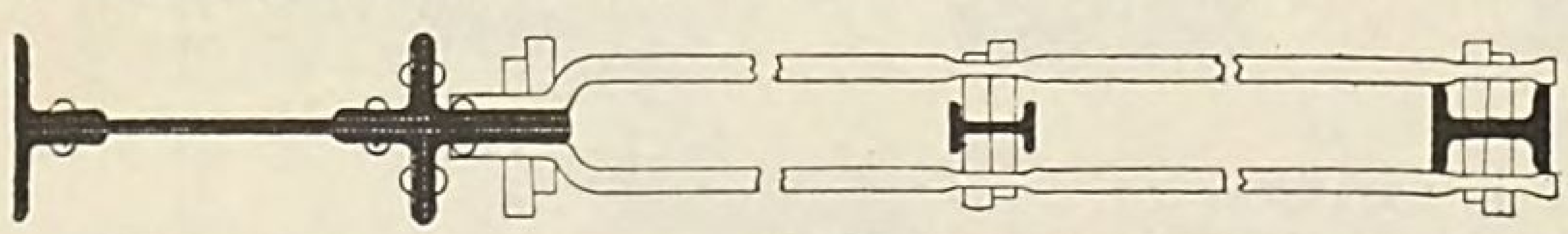


Fig 9.
Längenprofil 1 : 150.

Eine Verbesserung erfuhr das System nach Rzihas eigenen Vorschlägen bei dem Bau des Bischoferoder und Remsfelder Tunnels in Hessen [2] durch Anwendung von Schmiedeeisen zur Konstruktion des nun aus grösseren, mit Laschen verbundenen Teilen bestehenden Rahmens, wobei indes die einmal vorhandenen Auswechselrahmen noch beibehalten wurden. Eine weitere Verbesserung des Systems erfolgte beim Bau des Altenburger Tunnels [3] durch Herstellung der Auswechselrahmen aus Winkeleisen, welche mit 4 Eckblechen zusammengenietet wurden, eine zweckmässigere Herstellung der Horizontalverbände aus Hängeeisen und Einschaltung eines Schlussstückes im Sohlbogen, durch dessen Lösung und Aushebung ein schnelleres und leichteres Lösen und Versetzen der Rahmen erzielt wurde.

In dieser aus den Figuren 8 (S. 637) bis 12 ersichtlichen Form beträgt das Gewicht der Eisenrüstung für 5 Angriffspunkte zu je 8 Rahmen mit der nötigen Reserve.

Für 44 eiserne Lehrbögen à 3512 kg	= 154 528 kg
„ 40 dgl. Sohlbögen à 1350 kg	= 54 000 „
„ 418 Auswechselrahmen, von denen je 17 einen vollen Halbkreis bilden, welche jedoch nur je auf den zweiten Lehrbogen aufzuschrauben sind, à 150 kg	= 62 700 „
„ 1312 Traversen mit je 4 Muttern zum Längsverband à 16 kg	= 20 992 „
„ 13 246 Schrauben verschiedener Stärken	= 13 400 „
„ 48 Brustbolzen mit gusseisernen Füssen	= 1 650 „
„ 29 Brustschienen rot	= 1 500 „
„ 100 Paar Flacheisenplatten zur Verstärkung der Verbindung zwischen Bühnenträgern und Lehrbögen während des Baues	= 2 700 „
„ 935 Nieten hierzu	= 250 „
Summa	311 720 kg



Lehrbogen. Fig. 10. Hängeeisen 1 : 20.

und stellten sich die Kosten der gesamten Stützungsarbeit zu ca. 110 *M.* pro lfd. m Tunnel exkl. Material.

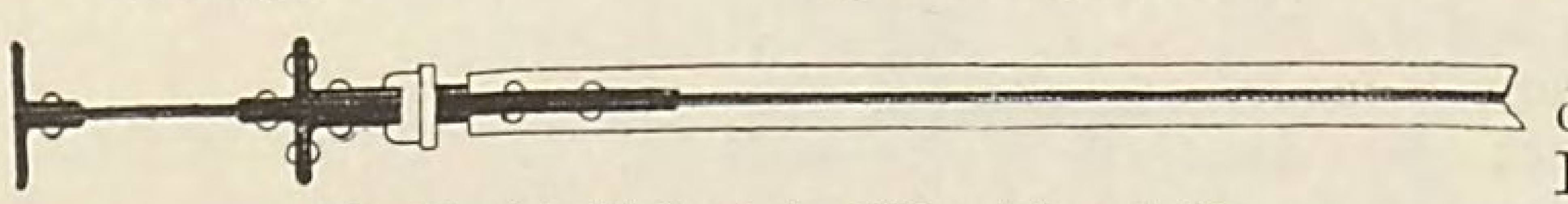


Fig. 11. Schnitt durch den Bühnenträger 1 : 30.



Fig. 12. Traverse 1 : 30.

Wenn sich auch die Verwendung der Eisenrüstung in allen angeführten Fällen ausgezeichnet bewährt und einen ebenso sicheren wie regelmässigen Vortrieb ermöglicht hat, so erscheint dieselbe doch für die meisten Tunnelbauten zu kostspielig und wird man, wenn immer möglich, zu den leichter zu beschaffenden, nach Bedarf zu verstärkenden Holzkonstruktionen greifen, wenn man nicht, wie dies in besonders schwierigen Fällen, neuerdings z. B. in Edinburg bei der Erweiterung des Waverley-Bahnhofs, geschehen ist, vorzieht, den

zweigleisigen Tunnel durch zwei eingleisige Tunnels zu ersetzen und dieselben als eiserne Röhrentunnels auszuführen.

Litteratur. [1] Rziha, Lehrbuch der gesamten Tunnelbaukunst, Bd 2, Berlin 1872. — [2] Der Tunnel zu Bischoferode, Zeitschr. f. Bauwesen 1883. — [3] v. Oer, Der Tunnel bei Altenburg, Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Vereins zu Hannover 1880. *v. Oer.*

Eisensaffran, s. Eisenrot.

Eisensalmiak, s. Eisenchloride.

Eisensalze, s. Eisen (chemische Eigenschaften) und Eisenverbindungen (in der Färberei).

Eisensau, s. Ofensau.

Eisenschaum, bei dem Garmachen des Hochofens sich bildender Graphit, der in glänzenden Schuppen auf dem schmelzenden Roheisen (s. d.) schwimmt.

Eisenschüssig, s. Erz.

Eisenschwarz, fein verteiltes, durch Fällen reiner Antimonsalzlösung mit metallischem Zink erhaltene schwarze Farbe, die als Bronzirung für Eisen benützt wird. Auch Graphit führt hie und da die Bezeichnung Eisenschwarz.

Eisensesquichlorid, s. v. w. Eisenchlorid.

Eisensesquioxyd, s. Eisenoxyd.

Eisensilicide, Kieseleisen und Siliciumeisen nennt man Vereinigungsprodukte des Eisens mit Silicium.

Eisenspat, s. v. w. Spateisenstein.

Eisensublimat, s. v. w. Eisenchlorid.

Eisensulfate. Unter den Eisensulfaten unterscheidet man zwei normale Salze: 1. das Eisenoxydulsulfat oder Ferrosulfat, $FeSO_4$, als wasserfreies Salz, hat fast gar keine technische Bedeutung; mit $7 H_2O$ kristallisirt, bildet es den Eisenvitriol; 2. das Eisenoxydsulfat oder Ferrisulfat, $Fe_3(SO_4)_3$, bildet eine weisse, kristallinische Salzmasse, die sich bei Gegenwart von etwas freier Schwefelsäure leicht, sonst schwieriger, in Wasser löst. Durch Erhitzen kann man es vollständig in Fe_2O_3 und SO_3 zersetzen. Es ist leicht reduzirbar und wird daher als Oxydationsmittel geschätzt. Zu seiner Darstellung erwärmt man in einem gusseisernen Kessel pulverisirten Eisenvitriol mit Schwefelsäure unter allmälichem Zusatz von Salpetersäure und rührt das Gemisch bei mässiger Wärme trocken. Es findet in dieser Form in der Färberei Verwendung. Lösungen des Ferrisulfates dienen auch bei einigen Metallgewinnungsprozessen als Oxydations- und Sulfatisirungsmittel.

Das Ferrisulfat bildet auch leicht basische Salze, die aber in der Technik nur als Lösungen hergestellt und verwendet werden. So wird eine als salpetersaure Eisenbeize bekannte rotbraune Flüssigkeit vom spez. Gew. 1,44 (45° Bé) dadurch hergestellt, dass man Eisenvitriol, mit einer zur Ferrisulfatbildung ungenügenden Menge Schwefelsäure gemischt, erwärmt und mit Salpetersäure bis zum Verschwinden der Oxydulreaktion oxydirt, die Lösung klären lässt und mit Wasser auf das angegebene spez. Gew. bringt. Diese Eisenbeize findet in der Färberei und zur Herstellung von Holzbeizen Anwendung. *W. Borchers.*

Eisensulfide. Technisch bemerkenswerte Sulfide sind: 1. Eisensulfür, einfach Schwefeleisen oder Ferrosulfid, FeS, gelbe bis schwarze kristallinische Masse, die in Wasser unlöslich, in Säuren aber unter Entwicklung von Schwefelwasserstoff löslich ist. Besonders zu diesem Zwecke, also zur Schwefelwasserstoffentwicklung, stellt man beschränkte Mengen des Sulfüres durch Erhitzen eines Gemisches von Eisen mit Schwefel her. 2. Eisensulfid, Eisensesquisulfid, Anderthalbschwefeleisen, Fe_2S_3, findet sich legirt oder chemisch verbunden mit anderen Sulfiden (s. Kupferkies). 3. Eisendisulfid, Zweifach-Schwefeleisen, FeS_2, findet sich als Schwefelkies, Eisenkies, Wasserkies oder Markasit, oder Pyrit natürlich. *W. Borchers.*

Eisenverbindungen zweier oder mehrerer Teile können entweder feste oder lose (lösbare) sein, denen sich als dritte Gruppe diejenigen Verbindungen anschliessen, die eine Verlängerung oder Verkürzung der verbundenen Teile zulassen. Zu den festen Verbindungen der Eisenteile sind hauptsächlich zu rechnen das Schweissen und das Nieten. Zu den lösbaren Verbindungen sind

zu rechnen die Schrauben, Gelenke, Keile und Zapfen. Von diesen können die Zapfen auch in die erste Gruppe gezählt werden, wenn ausser dem Einzapfen noch ein Vernieten stattfindet. Zu der letzten Gruppe gehören endlich die sogen. Spannvorrichtungen oder Schraubenschlösser; jedoch können auch Keilverbindungen dieser Aufgabe, eine Verlängerung bezw. eine Verkürzung zuzulassen, genügen.

Litteratur: Bergmann, Baukonstruktionslehre, 3. Teil, Konstruktionen in Eisen, 5. Aufl., Leipzig 1890. — W. Jeep, Die Verwendung des Eisens beim Hochbau, 2. Aufl., Leipzig 1879. — J. Hoch, Vorlagen für Bauschlosser, Dresden 1891. *J. Hoch.*

Eisenverbindungen, in der Färberei und Druckerei, bilden die Grundlage für zahlreiche und wichtige Farben auf allen bisher in Verwendung gekommenen Spinnfasern. Die Eisenacetate (s. Essigsäure) finden in der Färberei und im Kattundruck als sogen. Eisenbeizen Verwendung. Letztere beruht auf der Eigenschaft jener Salze, sich beim Erhitzen zu zersetzen. Die mit einer Lösung der Salze getränkten Stoffe werden gedämpft, wodurch sich die Essigsäure verflüchtigt, während das zurückbleibende Eisenoxydhydrat bei dem nun folgenden Färben sich mit dem Farbstoff zu einem unlöslichen Farblack vereinigt. Ueber die Bedeutung der Doppelsalze der Eisencyanide für die Färberei s. die Art. Blutlaugensalze und Cyan. Von den Eisensulfaten (s. d.) findet das schwefelsaure Eisenoxydul (s. Eisenvitriol) die häufigste Anwendung in der Zeugfärberei und zwar sowohl zur Darstellung von Beizen als auch zum Färben in Schwarz. Von untergeordneter Bedeutung ist das schwefelsaure Eisenoxyd $Fe_2(SO_4)_3$. Als neutrales Eisenoxydsalz wird in der Färberei vielfach der sogen. Eisenalaun benützt (s. Eisenammonalaun).

Eisenviolett, s. Eisenrot.

Eisenvitriol oder grüner Vitriol ist das schon unter den Eisensulfaten kurz erwähnte kristallisirte Ferrosulfat, $FeSO_4 + 7 H_2O$, vom spez. Gew. 1,9. Es bildet durchsichtige, bläulichgrüne, in Wasser leicht lösliche Kristalle, die beim Erwärmen zunächst ihr Wasser abgeben, um sich schliesslich in Fe_2O_3, SO_3 und SO_2 zu zersetzen. An der Luft oxydirt sich dieser Vitriol sehr leicht unter Bildung eines basischen Ferrisulfates, das zur Herstellung des rauchenden Vitriolöles benützt wird. Der Eisenvitriol findet sich in der Natur als Verwitterungsprodukt sulfidischer Eisenerze (vergl. den folgenden Artikel). Man stellt ihn auch dadurch her, dass man Schwefelkies absichtlich verwittern lässt, ihn dann auslaugt, die Lösung eindampft und zur Kristallisation bringt. Er wird ferner als Nebenprodukt bei verschiedenen Metallgewinnungsprozessen (Kupfer-Zementation, Silber-, Gold-Scheidung) in Lösungen erhalten, die nur eingedampft zu werden brauchen, um Kristalle zu liefern. Die Lösungen von der Kupferfällung durch Eisen nennt man wohl Kupferwasser, trotzdem sie nur Eisenvitriol enthalten. Die an Holzstäben, Bindfaden oder Strohhalmen, welche man in die Kristallisationsgefässe einhängt, ankristallisirten Massen pflegt man Traubenvitriol zu nennen. Andere Bezeichnungen für diesen Vitriol sind: Adler-, Admonter, Bayreuther, Salzburger, Doppel- und Schwarzvitriol. Er dient als Heil- und als Desinfektionsmittel, ferner zur Herstellung rauchender Schwefelsäure, Eisenoxyd (als Farbe und Polirmittel), Farben (Tinte, Berlinerblau) und anderen Eisenverbindungen, auch als Beize und direkt zum Färben; besonders wichtig ist er bei der Indigofärberei zur Reduktion des Indigos (Indigoküpe). In der Metallurgie wird er als Reduktionsmittel (s. Gold) und als Sauerstoffüberträger benützt. *W. Borchers.*

Eisenvitriol (Mineral), Melanterit, grüner Vitriol, wasserhaltiges schwefelsaures Eisenoxydul = $Fe\,SO_4 + 7\,H_2O$ (25,90 % FeO, 28,78 % SO_3, 45,32 H_2O), kristallisirt monoklin, aber selten, meist stalaktitisch oder traubig oder als Kruste; spaltbar nach der Basisfläche. Lauchgrün, aussen oft gelb; durchsichtig bis durchscheinend, glasglänzend, spröde. Härte 2; spez. Gew. 1,8 bis 1,9; leicht löslich in Wasser, schmeckt süsslich herb. Bildet sich häufig bei der Verwitterung des Schwefelkieses in Kohlengruben und wird auch aus den Grubenwassern ausgelaugt. Die grössere Menge des Eisenvitriols der Technik wird künstlich hergestellt. *Leppla.*

Eisenwolframlegirung, s. Eisenlegirungen.

Eiserne Brücken. Darunter versteht man alle jene Brückenbauwerke, deren Ueberbau aus Eisen hergestellt ist. Sie bilden vermöge der Häufigkeit ihrer Anwendung, der damit erzielbaren Leistungen, dann vermöge der Ausbildung ihrer Theorie und Konstruktion die wichtigste und bedeutendste Gruppe unter den Brücken.

Hauptbaustoff der eisernen Brücken ist das Schmiedeeisen in den verschiedenen Formen des gewalzten Eisens (Bleche und Formeisen), während das vor mehreren Dezennien noch häufiger angewendete Gusseisen jetzt von der Anwendung zu tragenden Teilen ganz ausgeschlossen wird und nur zu untergeordneten Nebenteilen von Brückenträgern, hauptsächlich zu den Auflagerkonstruktionen, noch Anwendung findet und auch hier vom Stahlguss fast verdrängt ist. Von den beiden Sorten des Schmiedeeisens: Schweisseisen und Flusseisen wurde bis vor wenig Jahren fast ausschliesslich nur das Schweisseisen zu Brückenkonstruktionen verwendet; gegenwärtig werden aber bereits weit mehr Brücken aus Flusseisen als aus Schweisseisen gebaut und erscheinen die Bedenken und das Misstrauen, das anfänglich diesem Materiale entgegengebracht wurde, durch Beschränkung auf entsprechend weiche und zähe Flusseisensorten, sowie durch gewisse Vorsichten bei der Anarbeitung der Konstruktion behoben. (S. Konstruktionsmaterial der eisernen Brücken.) Härteres, als eigentlicher Stahl zu bezeichnendes Flussmetall ist nur vereinzelt angewendet worden und eignet sich dasselbe auch nur für sehr weitgespannte Brücken, wo die Stosswirkungen der Verkehrslasten weniger schädlich auftreten. Die sonst in der amerikanischen und englischen Litteratur als Stahlbrücken bezeichneten Bauwerke sind fast ausnahmslos aus einem Materiale, das wir noch Flusseisen nennen würden.

Der Ueberbau einer eisernen Brücke besteht aus den Hauptträgern, welche parallel zur Längsaxe der Brücke die Oeffnungsweite überspannen und auf die Pfeiler gelagert sind; ferner aus den Quer- und Zwischenkonstruktionen, welche teils zur unmittelbaren Unterstützung der Fahrbahn, teils zur seitlichen Absteifung der Hauptträger dienen. — Die Hauptträger bestimmen das Konstruktionssystem der Brücke. Als hauptsächlichstes Unterscheidungsmerkmal gilt ihr statisches Verhalten zu den Pfeilern, bezw. Widerlagern. Man teilt hiernach die Brücken ein in Balkenträgerbrücken, Bogenbrücken und Hängebrücken (s. die betr. Artikel und den Art. Brücke). Hat die Brücke mehrere Oeffnungen, so kann der Ueberbau der einzelnen Oeffnungen entweder ganz unabhängig sein oder es findet zwischen den angrenzenden Oeffnungen eine durch die Kontinuität des Ueberbaues bedingte Wechselwirkung statt. In letzterem Falle bezeichnet man die Träger als kontinuirlich oder durchgehend. Von praktischer Wichtigkeit ist insbesondere der kontinuirliche Balkenträger, d. i. der auf mehreren Stützen horizontal aufgelagerte Balken. Die Kontinuität des Balkens hat eine Verringerung der Biegungsmomente, daher im allgemeinen gegenüber dem Einzelbalken eine Materialersparnis zur Folge; auch sind mit diesem Trägersystem bei eisernen Brücken gewisse Vorteile für die Aufstellung (Möglichkeit des Einschiebens ohne Gerüst) verbunden. Diesen Vorteilen des kontinuirlichen Trägers stehen als Nachteile gegenüber: die statische Unbestimmtheit und die daraus folgende Unsicherheit der Berechnung, namentlich wegen des Einflusses einer ungenauen Höhenlage der Stützen, wodurch bei kleinen und mittleren Spannweiten die Spannungen im Träger sehr beträchtlich alterirt werden können; der ungünstige Einfluss einer ungleichen Erwärmung der beiden Trägergurte, welche bei direkter Sonnenbestrahlung leicht eintreten und eine Erhöhung der Gurtspannungen um 20—30% hervorrufen kann; die Möglichkeit des Auftretens bedeutender Nebenspannungen, namentlich über den Mittelstützen, endlich der Wechsel von Zug und Druck in gewissen Teilen der Gurtungen. Brücken mit kontinuirlichen Balkenträgern wurden früher sehr zahlreich für kleine und grosse Spannweiten ausgeführt; jetzt ist man aber davon, wenigstens dort, wo der moderne Standpunkt der Brückenbauwissenschaft Geltung hat, fast gänzlich abgekommen und beschränkt ihre Anwendung auf wenige Fälle und etwa auf Drehbrücken. Dafür wurde in den kontinuirlichen Gelenkträger- oder Kragträgerbrücken (s. d.) ein System ausgebildet, das infolge seiner statischen Bestimmtheit die Nachteile des gewöhnlichen kontinuirlichen Trägers vermeidet.

Die ersten eisernen Brücken wurden zu Ende des vorigen Jahrhunderts in England und Amerika gebaut, und zwar waren es gusseiserne Bogenbrücken (1799 die vom Coalbrookdale-Eisenwerke erbaute Brücke über den Severn) und unversteifte Hängebrücken (1796 die von Finlay erbaute Brücke über den Jakobs-Creek in Amerika), welche die Vorläufer bildeten. Das Auftreten der eisernen Balkenträger fällt mit dem Entstehen der Eisenbahnen zusammen;

bei den ersten englischen Bahnen kamen bereits gusseiserne Balken in Längen bis zu 14 m zur Ueberbrückung der Durchfahrten in Anwendung. Längere Träger wurden aus mehreren Stücken zusammengesetzt und an der unteren Seite mit schmiedeeisernen Bändern armirt. Die Erfindung des Walzprozesses (1820) liess aber bald das Schmiedeeisen an Stelle des Gusseisens treten. Die gegossenen Barrenträger verschwanden und machten zunächst gewalzten I-Trägern und für Bewältigung grösserer Spannweiten bald auch den aus Winkeleisen und Blechen zusammengesetzten Vollwandträgern (s. d. Art. Blechträgerbrücken) Platz. Es folgten dann gegen die Mitte dieses Jahrhunderts die ersten eisernen Gitterbrücken, welche Parallelträger mit engmaschigem Flacheisengitterwerk erhielten und ihr Vorbild an den von Town eingeführten amerikanischen hölzernen Lattenbrücken hatten. (1845 Royal-Canal-Brücke der Dublin - Drogheda - Eisenbahn, 42,7 m Spannweite.) Mit diesem System wurden in den Brücken über die Weichsel zu Dirschau (121 m), über die Nogat zu Marienburg (97,6 m) und über den Rhein zu Köln (98,2 m, Fig. 1) bereits sehr ansehnliche Spannweiten bewältigt, allerdings mit bedeutendem Materialaufwand, denn das Flacheisengitterwerk, welches zur Aufnahme von Druckkräften ungeeignet ist, macht die Anbringung besonderer Vertikalsteifen notwendig, um die Trägerwand gegen Ausknicken zu sichern. In dem Masse, als die Ausbildung der Theorie zu grösserer Klarheit über die Beanspruchungsweise eines solchen Gitterträgers verhalf, wurde man allmälich auch auf zweckmässigere Konstruktionen geführt. Man erkannte, dass im Gitterwerk zwei verschiedene Stabrichtungen zu unterscheiden sind, wovon der einen eine Beanspruchung vorzugsweise auf Zug, der andern eine solche auf Druck zukommt (s. d. Art. Gitterträger), und dass es notwendig ist, den auf Druck beanspruchten Stäben gegen Knickung widerstandsfähigere Querschnitte zu geben. Man gelangte so zu den engmaschigen Gitterträgern (Netzwerken), bei welchen die Gitterstäbe aus Formeisen (⊥-, ⊔-, ⊓-Eisen) gebildet wurden. Die ersten Beispiele waren der Saane-Viadukt zu Freiburg, die Gran- und Eipelbrücke der österr.-ungar. Staatsbahn u. a. Indem man hierbei auch die Anzahl der Gitterstäbe verringerte, also die Maschenweite vergrösserte, entfernte man sich immer mehr von der älteren Auffassung, welche die Verbindung zwischen den beiden Gurten als durchbrochene, entsprechend versteifte Wand ansah, und kam so, indem man jedem Stabe eine bestimmte Funktion zuwies, zur Bildung des Fachwerks. Ausführlicheres über die geschichtliche Entwicklung des Baues der eisernen Brücken in [1] und [5].

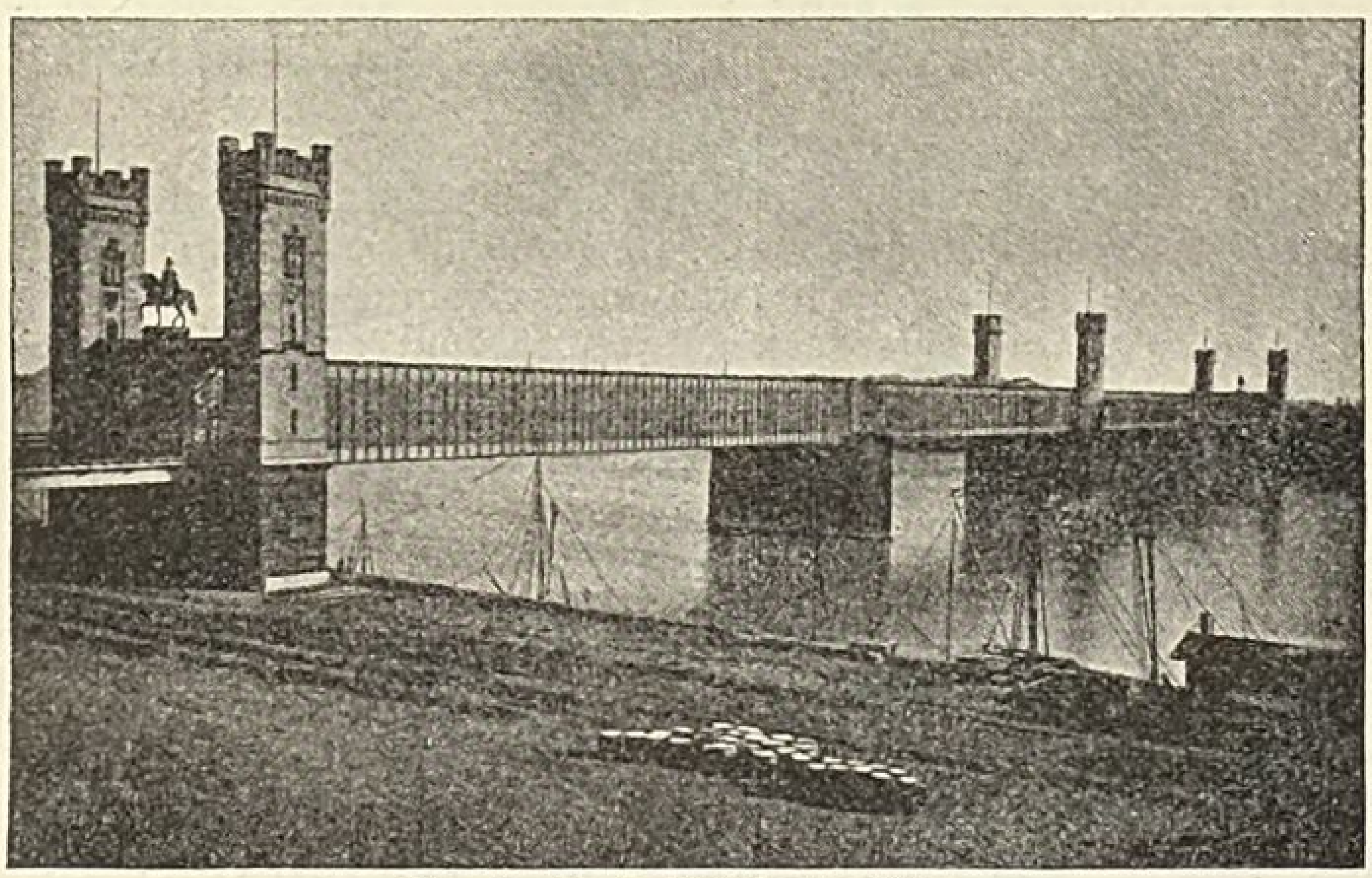


Fig. 1. Feste Brücke in Köln.

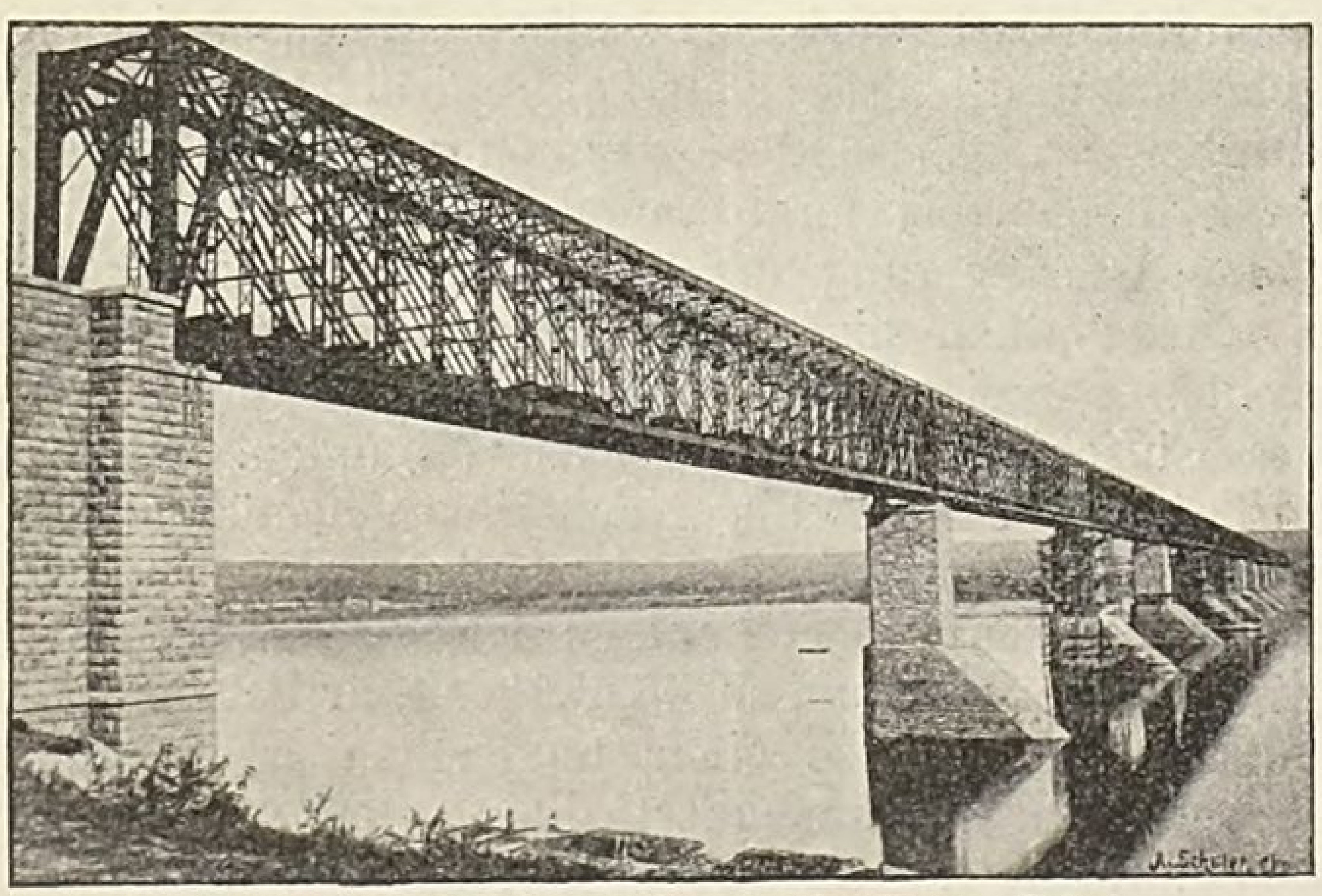


Fig. 2. Wolgabrücke bei Sysran (Orenburger Bahn).

An den heute üblichen Konstruktionen der eisernen Balkenfachwerksbrücken sind folgende Bestrebungen zu erkennen: 1. Hinsichtlich der Trägerform zeigt sich eine gewisse Freiheit in der Beherrschung und Anwendung der verschiedenartigsten Formen. Man kann im allgemeinen Parallelträger (s. d., Fig. 1 u. 2) und Träger mit polygonalen (gekrümmten) Gurtungen unterscheiden. Mit letzteren ist in der Regel, wenigstens theoretisch, eine gewisse Materialersparnis erreichbar; jedoch ist nicht ausschliesslich dieser Grund für ihre Anwendung bestimmend, sondern häufig auch das Bestreben, für das Auge eine befriedigendere Trägerform, als es der Parallelträger, namentlich bei untenliegender Fahrbahn ist, zu finden. Von den einfachen, d. i. bloss eine Oeffnung überspannenden Balkenfachwerksträgern mit polygonalen Gurten sind insbesondere folgende Trägerformen hervorzuheben: der Parabelträger (s. d.), welcher entweder beide Gurte

(Linsenträger) oder bloss einen Gurt (Bogensehnenträger, Fig. 3, und Fischbauchträger) nach einer Parabel gekrümmt hat. Der gerade Gurt erfährt hier durchaus gleiche Maximalspannung und kann daher mit konstantem Querschnitte ausgefürt werden; der gekrümmte Gurt ist gegen die Trägerenden hin etwas zu ver-

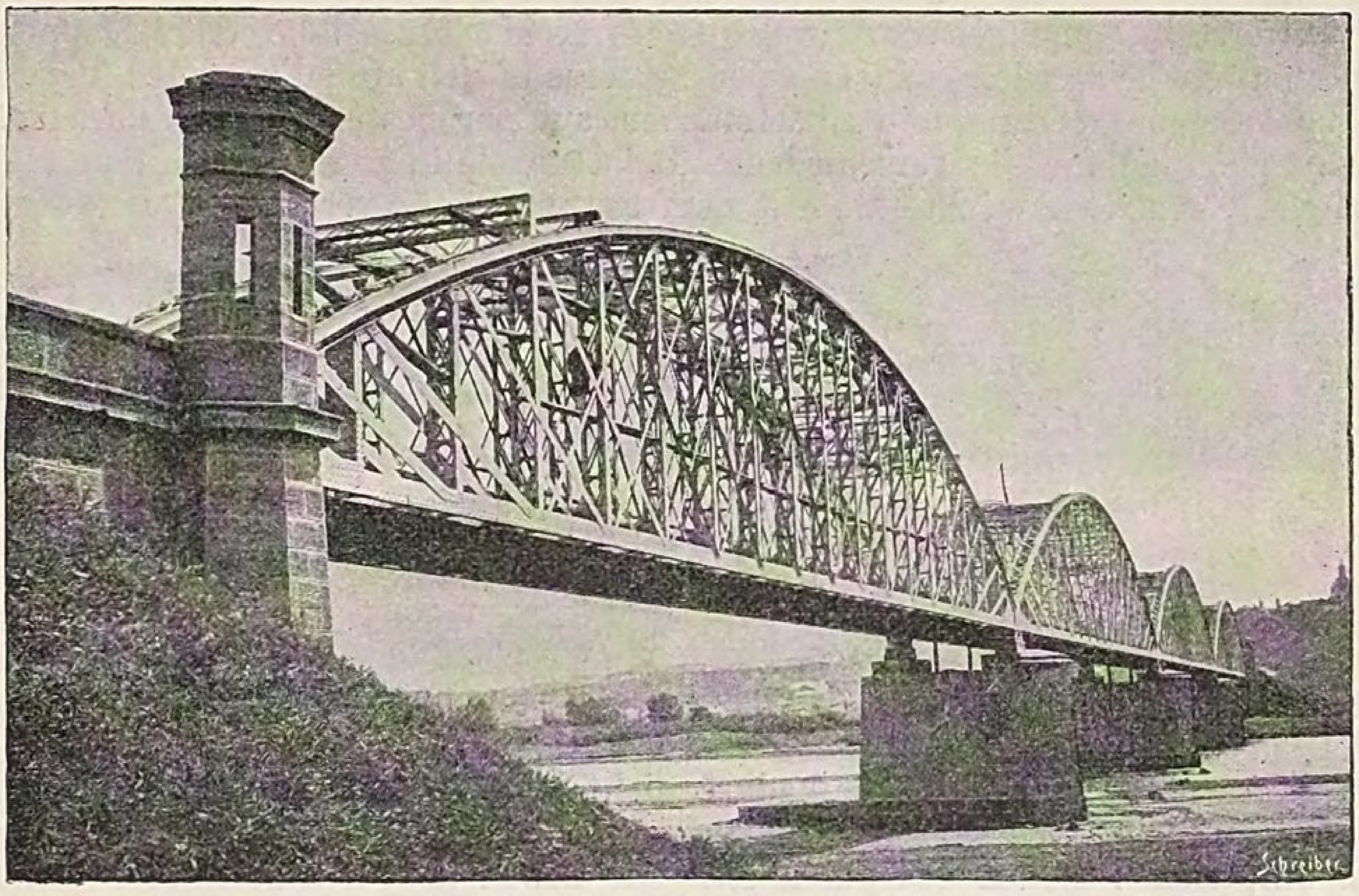


Fig. 3. Brücke über den Pruth bei Czernowitz.

stärken. Das Gitterwerk wird verhältnismässig schwach beansprucht; bei einfachem Ausfachungssystem (s. Fachwerksträger) werden aber sämtliche Stäbe der Ausfachung auf Zug und Druck beansprucht, müssen also steif konstruirt werden. Statt dessen hat man früher zumeist ein sogen. Doppelfachwerk angeordnet mit steifen Vertikalpfosten und gekreuzten Flacheisen-Schrägstäben. Die mit Parabelträgern gegenüber Parallelträgern zu erreichende Gewichtsersparnis kann 15—20 % betragen; doch wird diese Ersparnis durch die teurere Herstellung in den Kosten zumeist wieder ziemlich ausgeglichen. Bei den Bogensehnenträgern mit untenliegender Fahrbahn ist der Uebelstand hervorzuheben, dass man die zur seitlichen Absteifung bei grösseren Trägerhöhen nötigen oberen Querverbindungen nur im mittleren Teile des Trägers anbringen kann. Man findet daher diese Trägerform zumeist auf kleinere Spannweiten und sogen. offene Brücken (s. d.) beschränkt. Eine mit dem Parabelträger verwandte Form hat der nach seinem Erfinder benannte Pauli'sche Träger (s. d.). Derselbe ist ein Linsenträger mit durchaus gleicher Maximalspannung der Gurte. Die Bedingung konstanter Gurtspannung ist beim parabolisch gekrümmten Linsenträger nicht zu erfüllen, jedoch ist die Abweichung hievon ziemlich geringfügig. Diese Pauli'schen Träger sind mehrfach in Deutschland, namentlich in Bayern, zur Anwendung gekommen und zwar in den älteren Ausführungen (seit 1857) mit besonderen konstruktiven Einzelheiten (Bandgurte mit Schraubenbolzenverbindung, siehe Zuggurte), welche aber jetzt als veraltet anzusehen sind. Das bedeutendste Beispiel einer Pauli'schen Brücke ist die Eisenbahnbrücke über den Rhein bei Mainz mit 105,2 m Stützweite. Der Schwedlerträger (s. d.), 1863 von Geh. Oberbaurat Schwedler bei der Weserbrücke zu Corvey zum erstenmal angewendet, hält in seiner Form gewissermassen die Mitte zwischen dem

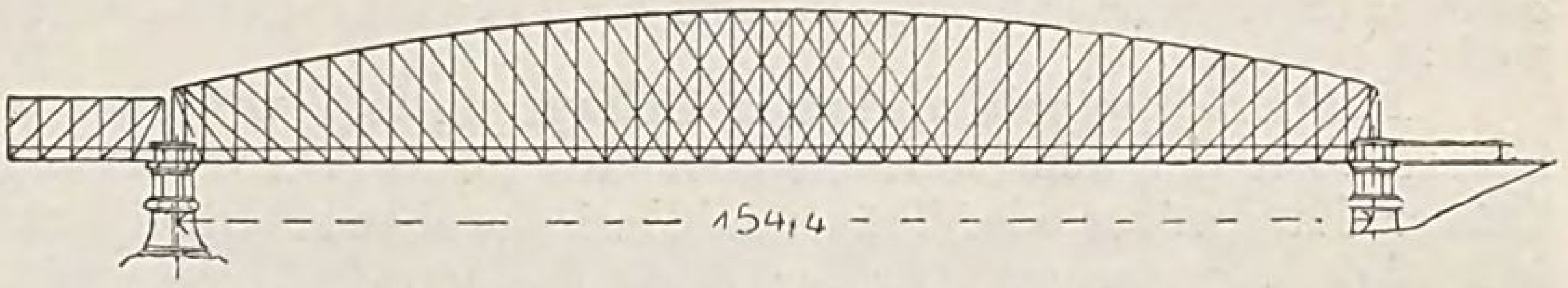


Fig. 4. Brücke über den Leck bei Kuilenburg.

Parallel- und dem Parabelträger. Bei geradem Untergurt ist der Obergurt an den Trägerenden in angenähert hyperbolischer Krümmung herabgeführt, wodurch erreicht wird, dass in den Endfachen die eine Grenzspannung der Schrägstäbe gerade Null wird. Der Träger besteht sonach in seinem mittleren Teile aus einem Parallelträger, für den wegen des Wechsels des Vorzeichens der Gitterstabspannungen durchwegs steife Ausfachungsstäbe oder Doppelfachwerk notwendig werden, und aus den beiderseits sich anschliessenden Teilen mit herabgeführtem Obergurt und mit einfachen, auf Zug beanspruchten Schrägstäben, deren Spannung für die verschiedenen Belastungsfälle zwischen Null und einem gewissen Grenzwert wechselt. Mit dem Parabelträger verglichen, erfordert der

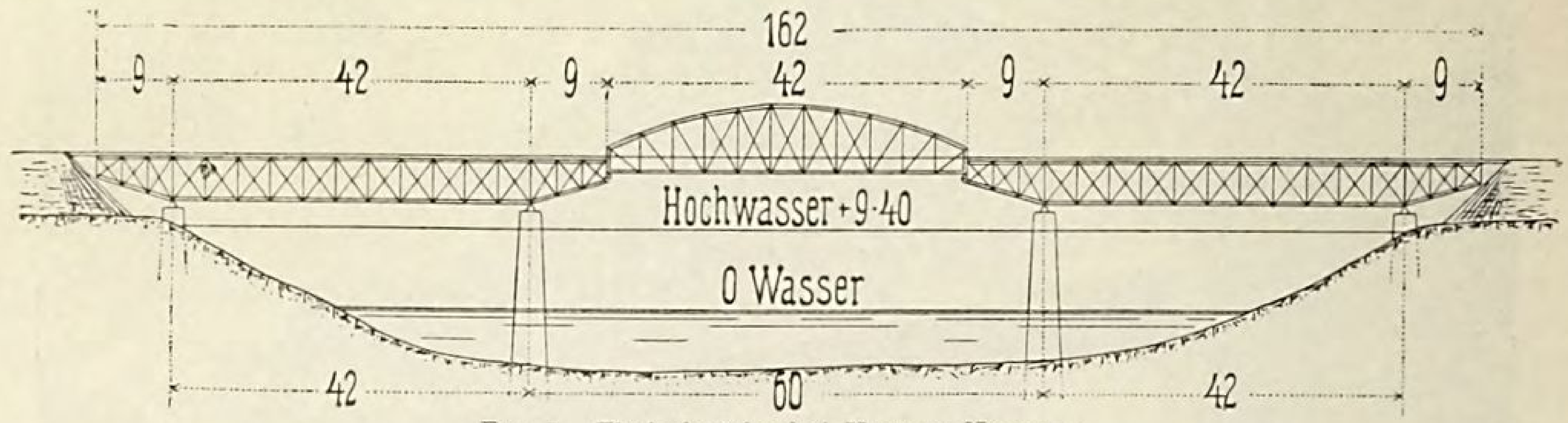


Fig. 5. Theissbrücke bei Vasarcs-Nameny.

Schwedlerträger ungefähr gleich viel Material, bietet aber wegen der grösseren Höhe an den Trägerenden konstruktive Vorteile. Mit ihm in der Form sehr verwandt und auch im Materialbedarf nicht viel verschieden ist der Ellipsenträger mit einem Obergurte, der entweder im ganzen oder nur an seinen Enden nach elliptischen Bogen gekrümmt ist. Die neben dem Parallelträger wohl am häufigsten angewendete Trägerform ist der Halbparabelträger (s. d.), d. i. ein Parabelträger mit abgestumpften Enden, bei welchem also die Gurte nicht zusammengeführt sind, sondern an einen Endständer anschliessen. Auch mit dieser Trägerform ist eine Materialersparnis gegen den Parallelträger verbunden, da durch die gekrümmten Gurte überhaupt die Spannungen in der Ausfachung vermindert werden. Der Halbparabelträger ist dort, wo es sich um die Ueberspannung mittlerer oder grösserer Oeffnungsweiten mit Einzelträgern handelt und nicht etwa an der etwas nüchternen Gestalt Anstoss genommen wird, eine zweckmässige und gerne angewendete Trägerform.

Die erste Anwendung im grossen fand dieses System bei der Brücke über den Leck (Fig. 4) bei Kuilenburg (1868), welche lange Zeit die weitest gespannte Balkenbrücke war (150 m); andere hervorragende Beispiele sind die Waalbrücken bei Nymwegen und Bommel, die Brücke über das Holland'sche Diep, die Rheinbrücken bei Düsseldorf, Wesel, Hamm, Rhenen, die Maasbrücken bei Rotterdam, Crevecoeur, der Trisana-Viadukt auf der Arlbergbahn u. a. In einigen Fällen hat an Stelle des Halbparabelträgers der abgestumpfte Ellipsenträger Anwendung gefunden (Memelbrücken bei Tilsit). Auch der Trapezträger (s. d.) wäre als hierher gehörig noch zu erwähnen.

Für Brücken mit mehreren Oeffnungen ist, wie oben schon erwähnt, in neuerer Zeit der kontinuirliche Gelenkträger (s. Gelenkträger), Gerber'scher Träger, Kragträger oder Träger mit freischwebenden Stützpunkten von besonderer Wichtigkeit geworden. In der Form des Parallelträgers mit durchaus gleicher Trägerhöhe ist er in grösserem Massstabe zuerst in Amerika bei der Kentucky-River-Brücke der Cincinnati-Südbahn (124 m Spannw.), dann auf der österr. Staatsbahn beim Moldau-Viadukt (Fig. 6) bei Cervena (84,4 m) angewendet worden. Die neueren amerikanischen Ausführungen (neue Niagarabrücke der Northern-Pacific-Bahn 143 m, Frazer-River-Brücke, Hudsonbrücke bei Poughkeepsie 155 m, Mississippibrücke bei Memphis 189 m und 240 m Spannw.), ferner die Warthebrücke bei Posen und die in Fig. 5 dargestellte Brücke, bei welcher die Kragträger unmittelbar an den Damm schliessen und die Widerlager erspart sind, zeigen trapezförmig gestaltete Kragarme; an sie schliessen sich dann die mannigfachen Formen der Kragträgerbrücken mit polygonalen Gurten, für deren Formgebung im allgemeinen nur der Grundsatz massgebend ist, dem Träger an jeder Stelle eine dem daselbst auftretenden grössten Momente annähernd proportionale Höhe zu geben. Es wird hierdurch, gleichwie beim einfachen

Parabelträger, gegenüber dem Träger von durchaus gleicher Höhe an Material erspart und diese Ersparnis ist bei grossen Spannweiten um so bedeutender, als durch die ungleichen Trägerhöhen auch das Eigengewicht günstiger verteilt wird, nämlich die schwereren Massen mehr gegen die Pfeiler gerückt werden.



Fig. 6. Moldau-Viadukt bei Cervena während der Erbauung.

Die grossartigste Anwendung dieses Systems bildet die Brücke über den Firth of Forth in Schottland (Fig. 7), welche mit 520 m Oeffnungsweite derzeit die weitestgespannte Brücke der Welt ist und rund 50000000 *M.* kostete. Die Tragkonstruktion besteht aus drei Kragträgern und zwei zwischen sie freischwebend gelagerten Halbparabelträgern. Die Länge der Kragarme, welche geraden geneigten Obergurt und parabolisch gekrümmten Untergurt haben,

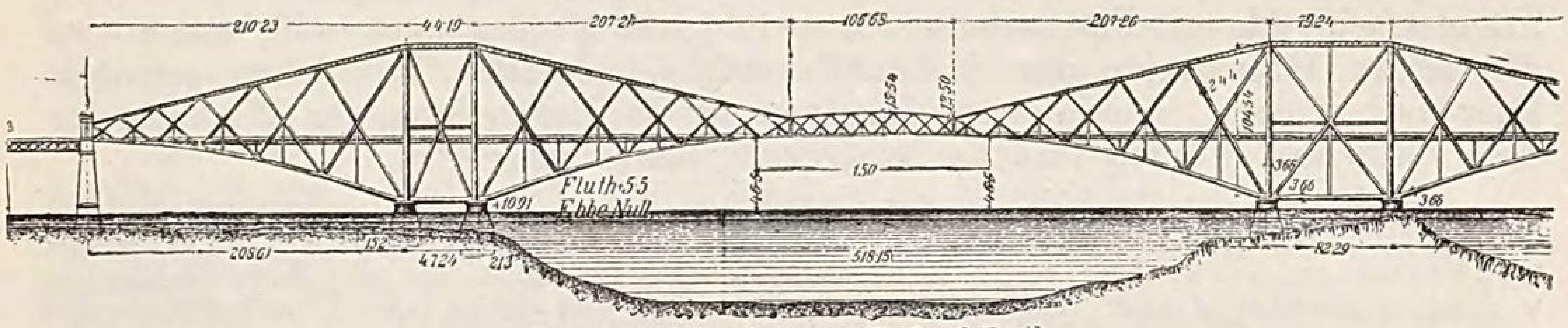


Fig. 7. Brücke über den Firth of Forth.

beträgt rund 207 m, ihre Höhe am Auflager 104,5 m. Der mittlere Kragträger ruht bloss auf den beiden 82,3 m entfernten Stützen, während die seitlichen Kragträger ausser auf den beiden Mittelstützen, welche 47,2 m abstehen, noch mit ihrem Landende aufgelagert bezw. verankert sind. Die beiden Tragwände stehen nicht vertikal, sondern sie sind zur Erzielung der erforderlichen Stabilität zu einander geneigt. Andere grosse Brücken dieser Art sind: die

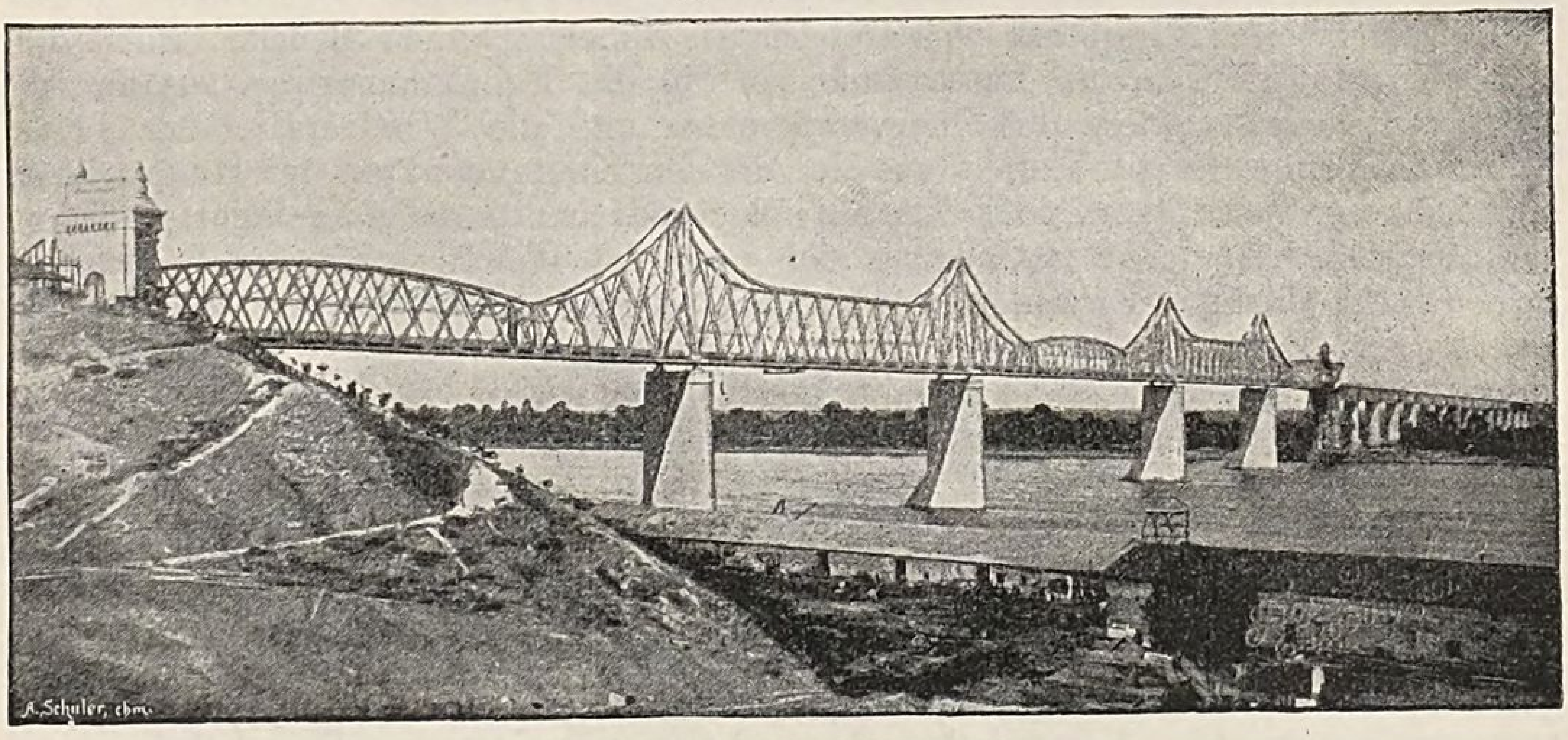


Fig. 8. Donaubrücke bei Cernavoda.

Donaubrücke bei Cernavoda (Fig. 8) mit 140 und 190 m Stützweite, die Strassenbrücke über den Ohio zu Cincinnati mit 158 m Oeffnungsweite, die Mississippibrücke zu St. Paul (110 m), die neue Donaubrücke am Zollamtsplatze in Pest.

Auch in Deutschland ist dieses Trägersystem bei einer Anzahl neuerer Brücken sowie bei Entwürfen (Wettbewerb um die Rheinbrücken bei Bonn und Worms, die Donaubrücken in Pest u. a.) und zwar in Formen, welche auch den Schönheitsansprüchen zu genügen suchten, zur Anwendung gekommen. Hervorzuheben ist in dieser Beziehung die durch Einschaltung

eines Mittelgurtes an die Kettenform anklingende Trägergestaltung, welche das Kragträgersystem in den Brücken von Mannheim, Bremen und Hameln gefunden hat.

Die Ausfachung der Fachwerksträger betreffend, machen sich die Bestrebungen geltend, thunlichst einfache, statisch bestimmte Ausfachungssysteme anzuordnen. Man kann beim geraden Träger das symmetrische (Strebenfachwerk) und das unsymmetrische (Ständerfachwerk) Ausfachungssystem (s. Fachwerksträger), u. zw. in einfacher und mehrfacher Anordnung unterscheiden. Ersteres, das sogen. einfache Dreieckssystem, ist bei der Bildung der ersten eigentlichen Fachwerksträger (1846), allerdings in mangelhafter konstruktiver Gestaltung, in den Neville'schen Trägern (s. d.), dann in den schon besser ausgebildeten Warren-Trägern (s. d.) zur Anwendung gekommen. Später sind, hervorgehend aus den engmaschigen Gitterträgern, die mehrfachen oder mehrteiligen Systeme bevorzugt worden und wird auch jetzt noch das Strebenfachwerk zumeist aus zwei Systemen (bei niedrigen Trägern häufig mit Hilfsvertikalen zum Anschluss der Querträger), das Ständerfachwerk bei grösserer Trägerhöhe aus zwei oder drei Systemen (Fig. 2) zusammengesetzt. Erst in neuerer Zeit kommt, wie bemerkt, das Bestreben zum Durchbruche, vorzugsweise einfache, statisch bestimmte Ausfachungssysteme anzuwenden und allenfalls bei grossen Trägerhöhen die Fachweiten nach dem Beispiele der Amerikaner durch Anhängung von Zwischenquerträgern an die Hauptknotenpunkte des Fachwerks zu unterteilen. Neben der grossmaschigen Gliederung wird jetzt auch die steife Ausbildung aller Stäbe verfochten. Damit entfallen die Gegendiagonalen, die beim Ständerfachwerk mit Flacheisenschrägen in jenen Fachen notwendig waren, wo die beiden Grenzwerte der Stabkräfte entgegengesetztes Vorzeichen erhalten. Hierdurch kommt eine gewisse Klarheit in die Beurteilung der Wirkung der Tragwerke und werden manche Ausführungsfehler vermieden.

Hinsichtlich der Durchbildung der Einzelheiten der eisernen Fachwerksträger sind die Artikel Druckgurte, Zuggurte, Druckstäbe, Gurtungsquerschnitte, Knotenpunktsanschlüsse, Auflager u. a. nachzusehen. Es möge hier des Zusammenhanges wegen nur erwähnt werden, dass zwischen amerikanischer und europäischer Konstruktionsweise (s. a. Amerikanische Brücken) unterschieden werden kann, dass erstere im Wesen durch die Bolzengelenkverbindung (s. Bolzenverbindung) charakterisirt ist, während bei den europäischen Brückenträgern ausnahmslos vernietete Knotenpunkte in Anwendung sind. Die festen Knotenverbände rufen Nebenspannungen (s. d.) in den Fachwerksgliedern hervor, über deren ungefähre Grösse man sich Rechenschaft zu geben hat. Diese Nebenspannungen werden aber auch durch die Bolzenverbindungen nicht ganz beseitigt. Weitere konstruktive Einzelheiten werden in den Artikeln Gelenk, Gelenkträger besprochen.

Den zweiten Hauptteil des Ueberbaues einer eisernen Brücke bilden die Querkonstruktionen. Diese umfassen die das Fahrbahngerippe zusammensetzenden Teile, weiters die Querverspannung und die Windverstrebung. Das Fahrbahngerippe (s. d.) besteht aus den in den Knotenpunkten der Hauptträger angeordneten Querträgern und den auf oder zwischen dieselben gelagerten Fahrbahnlängsträgern, deren Entfernung sich nach der Konstruktion der Fahrbahntafel (s. d.) richtet. Zuweilen werden, bei grösserer Knotenweite, auch noch Querträger, sowie Längsträger zweiter Ordnung erforderlich. Bei über den Hauptträgern liegender Bahn („Bahn oben" oder sogen. „Deckbrücken") ist die Zahl der Hauptträger unbeschränkt, jedoch ist bei grösseren Spannweiten durch Verminderung der Trägerzahl meist eine Ersparnis zu erreichen. Brücken, deren Tragwerk sich über die Bahn hebt („Bahn unten", offene Brücken, Trogbrücken oder geschlossene Brücken), können, sobald die Fahrbahn frei zu halten ist, nur zwei Hauptträger erhalten. Sind in einem solchen Falle gesonderte Fusswege anzuordnen, so können diese entweder zwischen den Tragwänden geführt oder ausserhalb derselben auf konsolenartige Verlängerungen der Querträger gelegt werden. Letztere Anordnung ist sparsamer und wird im allgemeinen zu wählen sein, wenn nicht Stabilitätsanforderungen ohnehin ein weiteres Auseinanderrücken der Tragwände bedingen. Hinsichtlich der Verbindung der Fahrbahnträger unter einander und mit den Hauptträgern sind in der Einführung gelenkartiger Anschlüsse beachtenswerte Neuerungen zu verzeichnen. Hierüber, sowie in Betreff der sonstigen konstruktiven Einzelheiten der Fahrbahn s. d. Art. Fahrbahngerippe. — Die Querverspannung und die Windverstrebung haben die

Aufgabe, die Druckgurte der Hauptträger gegen Ausknicken zu sichern und die senkrecht zur Brückenaxe wirkenden Horizontalkräfte (Winddruck und Seitenkräfte der Fahrzeuge) aufzunehmen und auf die festen Stützpunkte zu verpflanzen. Die Querverspannung wird in Form steifer Rahmen ausgeführt, welche in den Ebenen der Druckstreben oder in lotrechten Querebenen angeordnet werden. Bei Deckbrücken können dieselben die ganze Höhe der Tragwand einnehmen und die Form von Kreuzverstrebungen (Andreaskreuze) erhalten; bei offenen Trogbrücken muss sich die Querverspannung auf den steifen Anschluss der Querträger an die Hauptträger beschränken, während bei geschlossenen Brücken ein steifer Rahmen gebildet werden kann aus den Pfosten der Hauptträger, dem Querträger und einer den Lichtraum der Brücke freihaltenden oberen Querverbindung. Die Windverstrebung wird immer in Form eines in der Fläche der Hauptträgergurtungen oder in der Ebene der Bahn liegenden Gitterträgers ausgeführt. Auch bezüglich der Quer- und Windverstrebung ist das bei gut durchgebildeten neueren Brückenentwürfen zur Geltung kommende Bestreben hervorzuheben, in die Wirkungsweise der Konstruktion möglichste Bestimmtheit und Klarheit zu bringen. Aus diesem Gesichtspunkte empfiehlt es sich, wenn, wie gewöhnlich bei höheren Tragwänden, zwei Windverstrebungen in den Flächen der beiden Hauptträgergurtungen angeordnet werden, die steifen Querrahmen nicht an alle Knotenpunkte, sondern nur an jene zu legen, wo Auflagerdrücke des einen Windverbandes auf den andern übertragen werden sollen. Ueberhaupt ist es zur richtigen Beurteilung der Kräfteverteilung in den Querkonstruktionen notwendig, den ganzen Ueberbau als ein räumliches System aufzufassen, was allerdings, wenn auch noch die Wirkung steifer Querträgeranschlüsse zu berücksichtigen ist, zu schwierigen Untersuchungen führen kann.

Litteratur: [1] Handbuch der Ingen.-Wissenschaften, Bd. 2, Abt. 2—5, Leipzig 1890; daselbst auch ausführlichere Litteraturnachweise. — [2] Winkler, E., Vorträge über Brückenbau, 4. Teil, 2. Heft: Gitterträger, 4. Heft: Querkonstruktion, Wien 1884. — [3] Häseler, Der Brückenbau, 1. Teil, 1. und 2. Lieferung, Braunschweig 1888. — [4] Heinzerling, Brücken der Gegenwart, 1. Eiserne Brücken, Aachen 1873|85. — [5] Heinzerling, Die Brücken in Eisen, Leipzig 1870. — [6] Croizette-Desnoyers, Cours de construction des ponts, Paris 1885. — [7] Röll, Encyklopädie des Eisenbahnwesens, Wien 1894. — [8] Barkhausen, Uebersicht über die heutigen Bestrebungen im Eisenbau, Zeitschr. d. Vereins deutscher Ingen. 1895. Ferner viele Aufsätze in Zeitschriften. *Melan.*

Eiserne Dachkonstruktionen (Eisendachstühle und mit Eisen armirte Holzdachstühle). Die ersten Verwendungen des Eisens — und zwar vorwiegend des Gusseisens — für die Ueberdeckung von Räumlichkeiten fanden in England und Frankreich statt zu Ende des letzten und zu Anfang dieses Jahrhunderts. Seit jener Zeit wurde sowohl das Gusseisen wie auch das Schweisseisen entweder als hauptsächlichstes oder als untergeordnetes Baumaterial vielfach zu Dachkonstruktionen verwendet, die freilich meistens — als Nachahmungen der bisher ausschliesslich gebräuchlichen Holz- und Steinbauten in einem neuen, andere Formen erfordernden Material — der für die Uebertragung der auftretenden Kräftewirkungen zweckdienlichen Querschnitte und der zweckmässigen Verbindungen der Teile ermangelten.

Erst nachdem seit den fünfziger Jahren dieses Jahrhunderts das Schweisseisen infolge der Vervollkommnung der Walzwerke und der Walzverfahren immer leichter und in den für Bauzwecke vorteilhaftesten Formen käuflich wurde und damit das Gusseisen mehr und mehr und schliesslich vollständig aus dem Bau der Brückenträger und Dachbinder verdrängte, entwickelten sich die rationellen Konstruktionen der neueren Zeit, die es ermöglichten, dass der Eisenbau auch auf diesem Gebiet sich den immer grösseren Aufgaben gewachsen zeigte, welche die Entwicklung des Eisenbahn- und Ausstellungswesens u. s. w. zeitigte. Auch für kleinere Verhältnisse bietet der Dachbau in Eisen Vorteile, so dass gegenwärtig hölzerne Dächer hauptsächlich nur noch beim bürgerlichen Wohnhaus verwendet werden. In erster Linie sind die Eisenbahnen auf Eisenbedachung angewiesen und Bahnsteige, Bahnhofshallen, Lagerhallen, Lokomotiv- und Wagenremisen, Werkstätten, aber auch Fabrikgebäude, Gasanstalten, Ausstellungsgebäude, Markthallen, Treib- und Palmenhäuser, Theater, Museen, Kirchen werden mit Vorliebe, die erstgenannten sozusagen ausschliesslich mit Eisenkonstruktionen eingedeckt.

I. Aus Holz und Eisen gemischte Dächer.

Immerhin haben sich in der Uebergangszeit auch eine Anzahl aus Holz und Eisen gemischte Bauformen ausgebildet, welche sich durch Zweckmässigkeit auszeichnen und jetzt noch Beachtung verdienen und deren hier kurz

gedacht werden soll. Sie gewähren den ganz aus Holz gebauten Dächern gegenüber den Vorteil grösserer Leichtigkeit, auch bezüglich des Aussehens, bei verhältnismässig geringem Preis gegenüber den ganz aus Eisen erstellten. Aut absolute Feuersicherheit muss freilich verzichtet werden, was jedoch oft zulässig ist, z. B. bei freistehenden Hallen. Die Zweckmässigkeit in der Anordnung der Binder erfordert, abgesehen von der Wahl reiner Fachwerksformen, die Herstellung der gedrückten und gebogenen Teile aus Holz, der gezogenen aus Eisen. Die Verwendung hölzerner Pfetten und Sparren gestattet bequeme Befestigung der Einlattung und Verschalung.

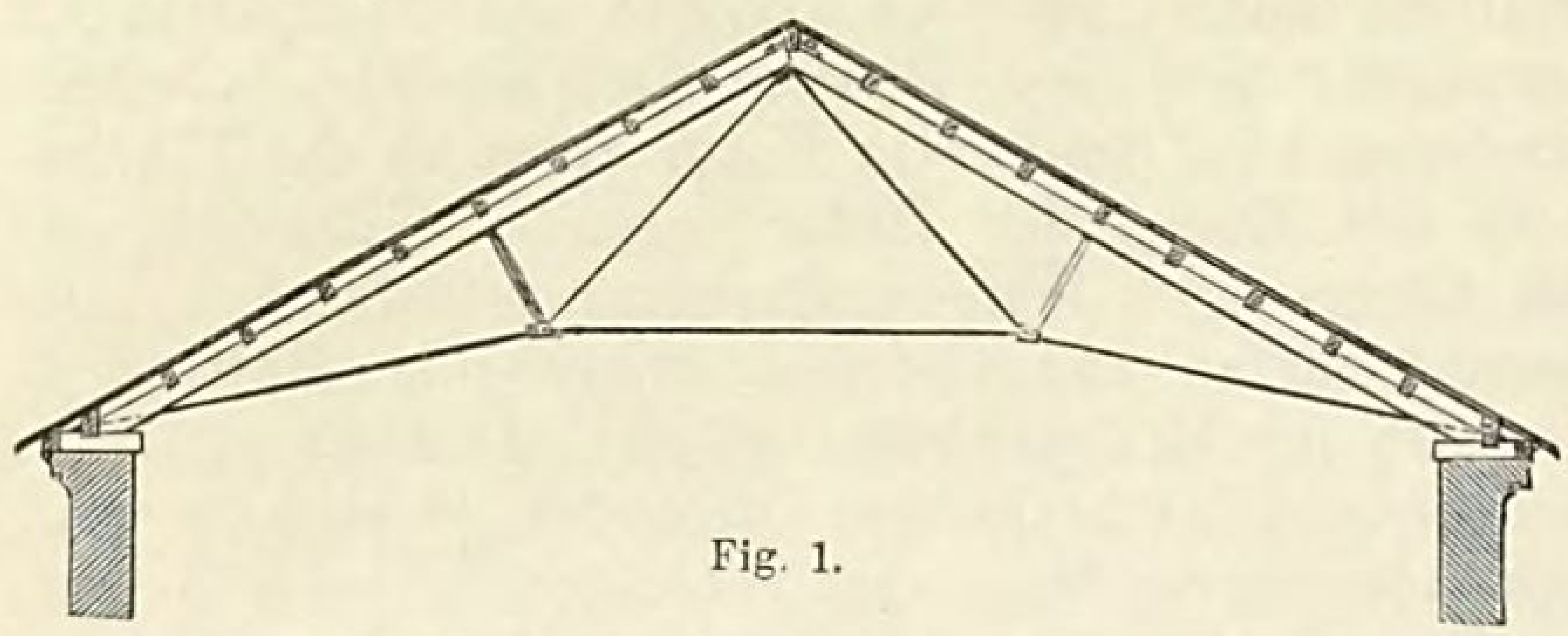


Fig. 1.

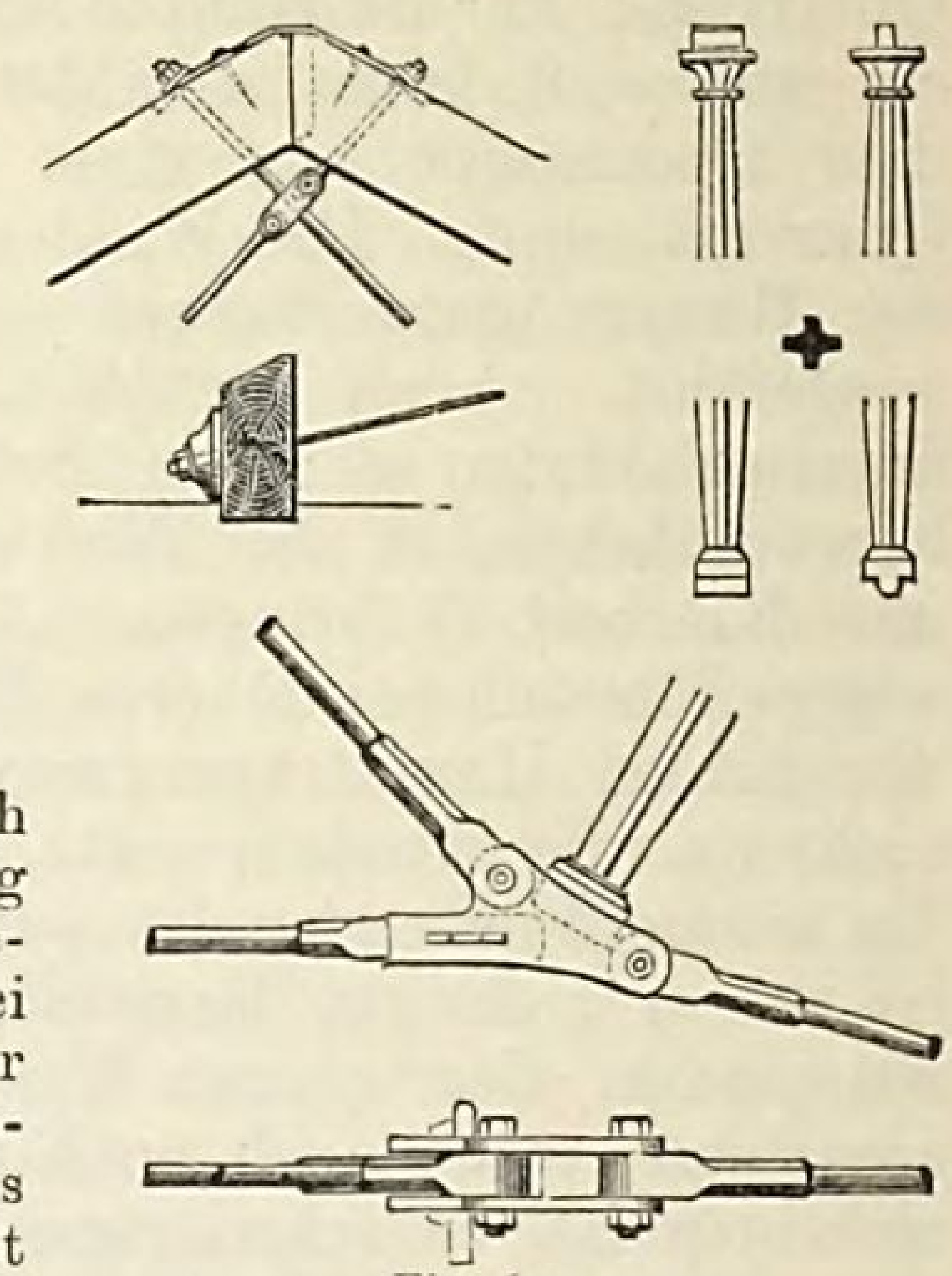
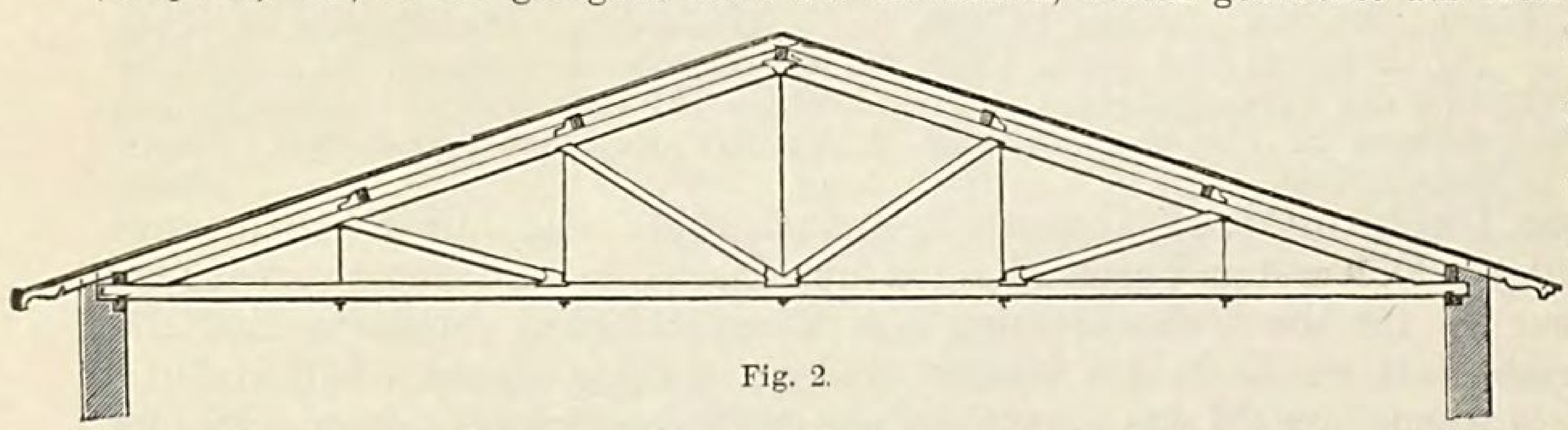


Fig. 1 a.

Die Verbindung der hölzernen Teile geschieht durch Verzapfung oder mittelst gusseiserner Schuhe, die zweckmässig womöglich zugleich die dem nämlichen Knotenpunkt angehörige eiserne Strebe fassen. — In Fig. 1, 1 a u. 2 sind zwei Dachbinder dieser Art dargestellt. Der erstere — von der Bahnhofshalle zu Versailles — gibt die Urform des Polonceau-Binders (s. später). Er zeigt zugleich dessen Entstehung aus zwei mit Eisen armirten hölzernen Balken, die schief gestellt und mittelst einer horizontalen Zugstange verbunden sind. Die Pfosten sind hier aus Gusseisen gebildet, die schmiedeeiserne Spannstange mit einem Keil zum Zweck der Regulirung der Länge versehen. Fig. 2 stellt einen englischen Dachstuhl (s. später) dar, dessen gezogene Teile aus Rundeisen, dessen gedrückte aus Holz bestehen.



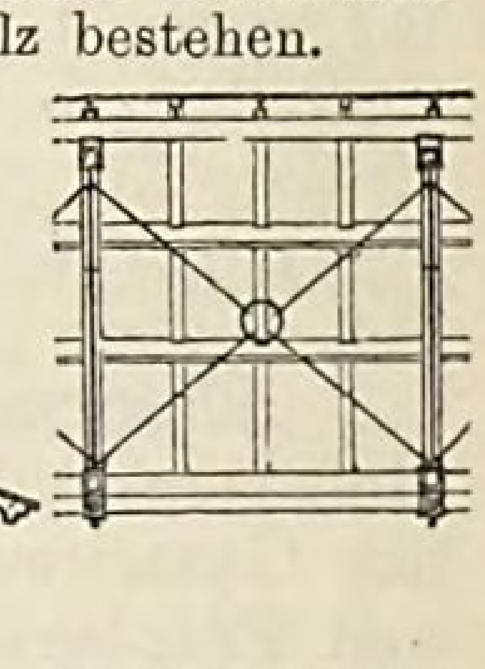


Fig. 2.

Die Berechnung dieser Dächer bietet keine Eigentümlichkeiten, wenn sie, wie die vorgeführten, reine Fachwerke darstellen; sie hat dann nach der gewöhnlichen Fachwerkstheorie (s. Fachwerk) zu geschehen. Handelt es sich aber um Nachbildungen der unreinen statischen Gebilde alter Holzkonstruktionen, so wird die Berechnung umständlicher, oft sehr schwierig und unsicher. Einige Beispiele hierzu s. [8], S. 99.

II. Eiserne Dächer.

a. Die Vorteile der Dächer, deren Binder und Steifigkeitskonstruktionen ganz aus Eisen gebaut sind, — auch Dächer mit teilweiser Verwendung von Holz zu Pfetten, Sparren, Schalung und Lattung gehören hierher — bestehen in deren fast oder ganz vollkommenen Feuersicherheit; in der Leichtigkeit und Eleganz ihres Aussehens, verbunden mit grosser Helligkeit; in der Schnelligkeit der Herstellung, wo solche erwünscht; in der Möglichkeit, auch sehr weite Räume ohne Säulenstellungen eindecken zu können und in ihrer Dauerhaftigkeit.

b. Der äusseren Form nach kann man ähnlich unterscheiden wie bei Holzdächern: 1. Satteldächer mit geraden oder gekrümmten äusseren Dachflächen, wozu auch Säge- oder Sheddächer gehören; 2. Pult- und Perrondächer; 3. Zelt- und Pyramiden- oder Kegeldächer; 4. Kuppeldächer, eventuell auch: Dächer mit einer, mit zwei und mit mehr Dachflächen, mit lotrechten oder schiefen (abgewalmten) Schmalseiten, mit Firsten oder mit Terrassen (s. Dach und Dachstuhl). — Endlich unterscheidet man noch zwischen Pfettendächern

und Sparrendächern, je nachdem die Dacheindeckung mit ihrer Lattung, Schalung u. s. w. entweder unmittelbar durch die normal zu den Bindern laufenden Pfetten, oder aber durch die parallel zu denselben, resp. deren Obergurtung laufenden Sparren getragen wird.

c. Das innere Gerippe, welches die Dacheindeckung zu tragen hat, besteht aus den Hauptbindern, die meist von Langseite zu Langseite des Gebäudes laufen und die Lasten auf die Mauerpfeiler derselben übertragen; den Neben- und Gratbindern, von denen die ersteren normal zu den Hauptbindern, die letzteren unter den Gräten des Daches nach den Ecken des Gebäudes laufen und die Dachlast zum Teil auf die Hauptbinder, zum Teil auf die Umfangsmauern abgeben; den Sparren und Pfetten, welche in einfacher oder mehrfacher Anordnung die Verschalung oder Lattung mit der äussersten Dachhaut tragen. Die Pfetten laufen horizontal über die Obergurtungen der Hauptbinder (Bindersparren), auf welche sie die Dachlasten übertragen, die Sparren parallel der Obergurtung der Hauptbinder über oder unter den Pfetten. Je nachdem die Pfetten oder die Sparren unmittelbar die Dachhaut mit ihrer eventuellen Lattung oder Schalung tragen, spricht man von einem Pfetten- oder Sparrendach (s. o.). — Neben diesen eigentlichen Tragkonstruktionen verschiedener Ordnung sind noch sogen. Steifigkeitskonstruktionen notwendig, welche sich nicht an der Uebertragung der vertikalen Lasten beteiligen, sondern ausschliesslich den Zweck haben, die einzelnen Binder des Daches, die für sich allein keine Standfestigkeit besitzen würden, zu einem steifen Ganzen zu vereinigen. Als Prinzip ist hierbei festzuhalten, dass je zwei Binder zu einem Paar vereinigt werden, die einzelnen Paare aber von einander unabhängig bleiben sollen, damit die durch Temperaturwechsel hervorgerufenen Längenänderungen der Steifigkeitskonstruktionen sich nicht über die ganze Längenausdehnung des Daches fortpflanzen und eventuell Schübe auf die Giebelmauern und schädliche Formänderungen in den Bindern hervorrufen. Die erste Absteifung bilden die Pfetten, welche mit den Obergurten eines Binderpaares fest verbunden werden. Die zweite Absteifung bildet ein Windverband in der Ebene der Obergurten eines Binderpaares, der bei kleinen Dächern durch Verschalung und dichte Pfettung oft überflüssig gemacht wird. Die dritte Absteifung bilden Kreuzverbände zwischen den zwei Bindern eines Paares in lotrechten oder schiefen Ebenen, unter der First, in der Nähe der Traufen, eventuell noch in Zwischenebenen je nach der Bedeutung des Daches. Zwischen je zwei Binderpaaren werden die Pfetten beweglich gestossen mit Hilfe von Laschen und ovalen Löchern in den Pfetten; oft auch werden diese Stossverbindungen auf die Binderobergurten selbst verlegt. Fig. 3 zeigt das Gerippe eines Dachstuhls mit zwei Binderpaaren, den zwischen denselben zweimal gestossenen Pfetten und den anderen erwähnten Steifigkeitskonstruktionen.

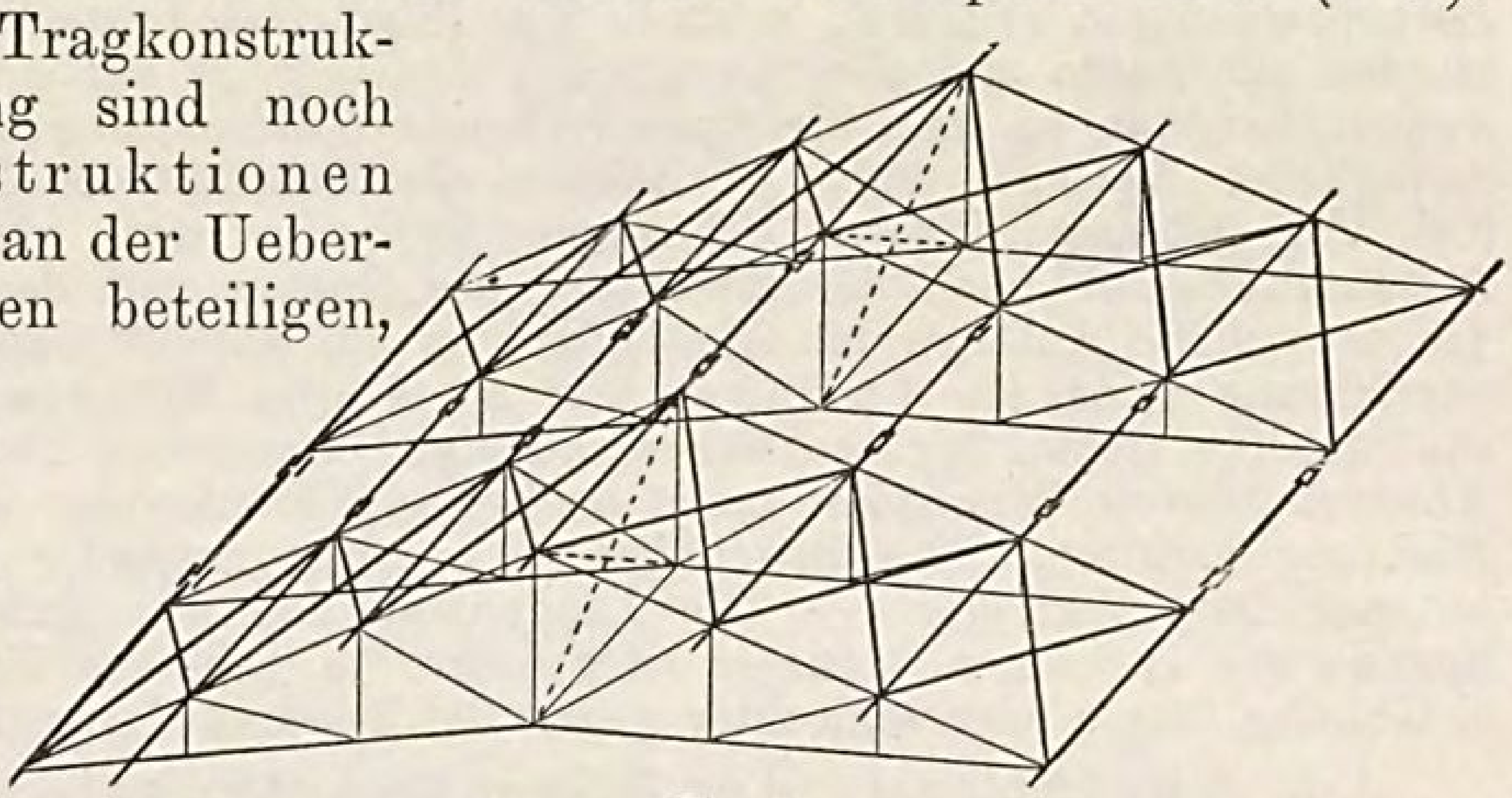


Fig. 3.

Die allgemeine Anordnung des inneren Gerüstes, die Wahl und Formgebung der Binder hängt von den Grundrissverhältnissen des zu überdeckenden Raumes, von der Art der Abdeckung, eventuell auch von ästhetischen Anforderungen ab. Die Grundrissform, namentlich die Lage der Traufen und der Mauerpfeiler als natürliche Auflagerpunkte der Binderfüsse bedingt die Spannweite und Entfernung der Binder. Erstere macht man so gering wie möglich, indem man die Traufen, wenn irgend möglich, an die Langseiten des Gebäudes, die Binder parallel zu deren Schmalseiten legt. — Die Entfernung der Binder wird überdies mit bedingt durch die Belastung der aufzunehmenden Pfetten, die Wahl des Fachwerksystems durch die Anzahl der Pfetten. Durch Anwendung von fachwerkartig ausgebildeten Pfetten, von Sparren, Sparrenunterzügen u. s. w. wird eine grössere Entfernung der Binder ermöglicht, wenn es die Lage der Mauerpfeiler erfordert. — Die Anzahl und Lage der Pfetten und Sparren ihrerseits ist bestimmt durch die Stärke der praktisch verwendbaren Profile in Verbindung mit dem Gewicht der Dachabdeckung und der äusseren Belastung (Schnee, Wind). — Vom statisch-ökonomischen Standpunkt aus wird man für reine Nutzbauten Binder mit

geraden Obergurten wählen, Binder mit gekrümmten Obergurten dann, wenn an die äussere Form ästhetische Anforderungen gestellt werden, wie bei Bahnhofshallen, Festhallen u. s. w. Soweit die innere Ansicht in Frage kommt, ist eine einfache, klare Gliederung mit möglichster Vermeidung störender Stabgewirre dem ästhetischen Eindruck günstig. Daneben ist die Anordnung der Lichtzufuhr von grosser Bedeutung (s. Oberlicht und Oberlichtkonstruktionen).

An speziellen Fachwerkformen können die meisten im Brückenbau üblichen Verwendung finden. Das Hauptaugenmerk ist darauf zu richten, im Gegensatz zu den alten Holzkonstruktionen statisch reine Systeme zu wählen (s. Fachwerk), welche eine sichere Berechnung und damit knappe Abmessung der tragenden Teile, also richtige Verwendung des Eisens vom statisch-ökonomischen Standpunkte zulassen, was sowohl bei statisch bestimmten wie statisch unbestimmten Fachwerksformen der Fall sein kann. — Allgemeine Regel ist, möglichste Ausnützung der vorhandenen Konstruktionshöhe zu erstreben, weil mit dem Wachsen derselben die inneren Spannungen abnehmen; ferner ist Rücksicht auf die Stabilitätsverhältnisse der Umfangsmauern zu nehmen. Diese verbieten entweder jeden Horizontalschub und zwingen zur Wahl von Balkenträgern mit einerseits beweglichem Auflager, oder vom Bogen mit Zugstange; oder aber, wenn der Bogen ohne diese gebaut werden soll, zur Wahl einer möglichst tiefen Lage der Binderfüsse, eventuell zur Verstärkung der Mauern durch Strebepfeiler. — Bezüglich der Auflager ist zu beachten, dass die Aenderungen der Temperatur, denen die Dächer im Wechsel von Tag und Nacht, Sommer und Winter unterworfen sind, auch Aenderungen in der Spannweite der Binder bedingen. Erreichen diese erhebliche Beträge, so könnte bei festliegenden Enden sowohl das Mauerwerk wie auch die Eisenkonstruktion selbst schädliche Beanspruchungen erleiden, weshalb ein Binderfuss beweglich angeordnet werden soll. Dabei werden alle festen und alle beweglichen Auflager je auf eine Seite des Gebäudes gelegt, am zweckmässigsten so, dass die vorherrschende Windrichtung die Binderseite mit dem festen oder beweglichen Auflager trifft, je nachdem die Stabilität der Mauern grösser ist nach innen zu (bei Vorhandensein innerer Scheidemauern) oder nach aussen zu (bei Hallen mit äusseren Anbauten). — Je nach der Bedeutung des Daches und der Stärke der Umfangsmauern wird das bewegliche Auflager ein Gleitlager oder ein Rollen- resp. Stelzenlager mit oder ohne Kippvorrichtung sein. (S. Auflager und Auflager der eisernen Brücken.) Gleitauflager sind nur für kleine, leichte Dächer zulässig, bei welchen die Binderfüsse wegen der Gefahr des Abhebens durch Windstösse meist noch eine Verankerung mit dem Mauerwerk in lotrechter Richtung erhalten. Die Bogenbinder erhalten entweder gelenkförmige (Kipp-) Lager oder seltener feste Auflager. — Die Längenänderung der Balkenbinder kann man zu $^1/_{2000}$ der Spannweite annehmen, weniger oder mehr, je nachdem der innere Ausbau durch die Dachabdeckung besser oder schlechter gegen die äusseren Temperaturwechsel geschützt ist.

d. Ausführung der Eisenkonstruktionen. Im allgemeinen gelten die nämlichen Grundsätze wie im Brückenbau, es sind daher nur einige ergänzende Einzelheiten zu erwähnen. Verwendung finden die meisten im Eisenbau überhaupt üblichen Walzsorten, früher hauptsächlich in Schweisseisen, jetzt in Flusseisen.

Die Obergurten der Binder, die auf Druck und Knicken zu widerstehen haben, werden für kleine Spannweiten aus ⊤ Eisen oder aus zwei Winkeleisen (⌉⌈) zusammengesetzt. Für mittlere Spannweiten können zwei [Eisen (][) oder vier Winkel (╬) passende Gurtquerschnitte liefern, auch der aus Stehblech, Winkeln und, wenn nötig, Kopfplatten zusammengesetzte ⊤ Querschnitt (⊤), der mit solchen, wie auch der Kastenquerschnitt, (⊓) selbst für ganz grosse Spannweiten reicht. Die letzteren Formen sind zudem im stande, Biegungsspannungen aufzunehmen und eignen sich daher besonders, selbst für kleinere Dächer, wenn Pfetten noch zwischen die Knotenpunkte gelegt werden müssen. Um die hierdurch erzeugten Biegungsspannungen zu vermeiden, werden wohl auch die Obergurten der Binder für sich selbst wieder als Fachwerkträger mit naheliegenden Knotenpunkten ausgebildet.

Für die Untergurten werden meist ebenfalls gespreizte Profile, in gewissen Fällen auch stehende oder liegende Bandquerschnitte oder Rundeisen verwendet, letztere zwei Formen, wenn diese Teile für das Auge möglichst in den Hintergrund treten sollen und natürlich immer nur dann, wenn in der Zuggurtung keine Druckkräfte auftreten können. Aus demselben Grund werden daher auch oft die Wind- und Querverbände aus Rundeisen ausgeführt.

Für die Füllungsglieder werden, wenn sie nur gezogen sind, wie auch für kleines Gitterwerk, Flachbänder verwendet; meistens aber zieht man ebenfalls gespreizte Querschnitte vor von folgenden Formen: ⊥ L ╬ ┐└ ╬ ⊔ ⊓. Rundeisen ist für diese Teile nicht mehr üblich.

Die Verbindung der einzelnen Teile geschieht in Europa gegenwärtig fast ausschliesslich mittelst Vernietung (s. Nietverbindungen); doch sind, namentlich in Süddeutschland, eine Anzahl schöner Hallendächer vorhanden, bei welchen die Verbindungen nach Gerbers Bolzensystem ausgeführt sind. In Amerika werden meist Gelenkbolzen-Verbindungen angewendet. — Die Füllungsglieder werden entweder unmittelbar an die Gurtungen genietet, namentlich wenn dieselben Stehbleche besitzen, oder die Vereinigung geschieht mit Hilfe von Knotenblechen. In beiden Fällen sind Gurten und womöglich auch Streben symmetrisch zur Kraftebene anzuordnen und sind ferner die Schweraxen der Stäbe an jedem Knoten in einem Punkt zusammenzuführen, um Verbiegungsspannungen möglichst zu vermeiden. Von dieser Regel wird aus konstruktiven Gründen oft abgewichen, und es kann auch unbedenklich dort

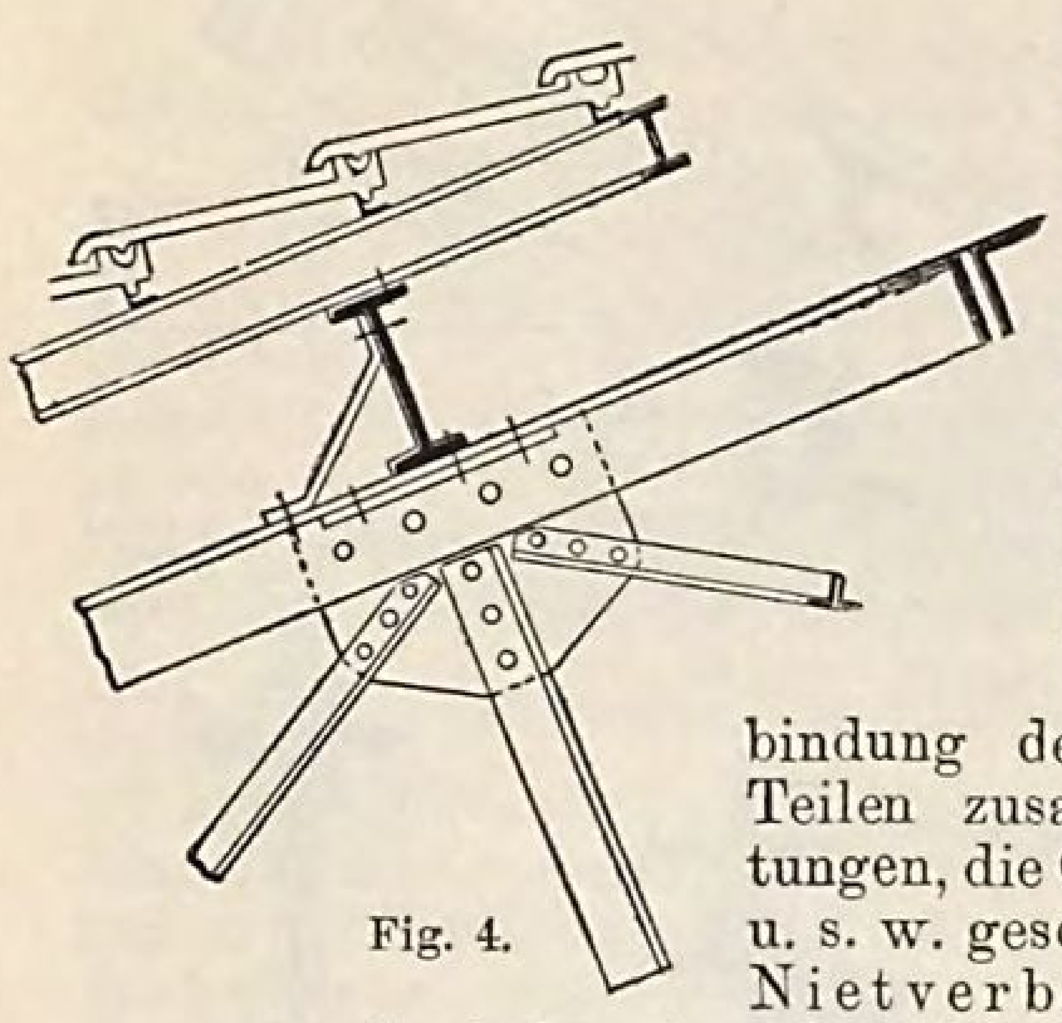


Fig. 4.

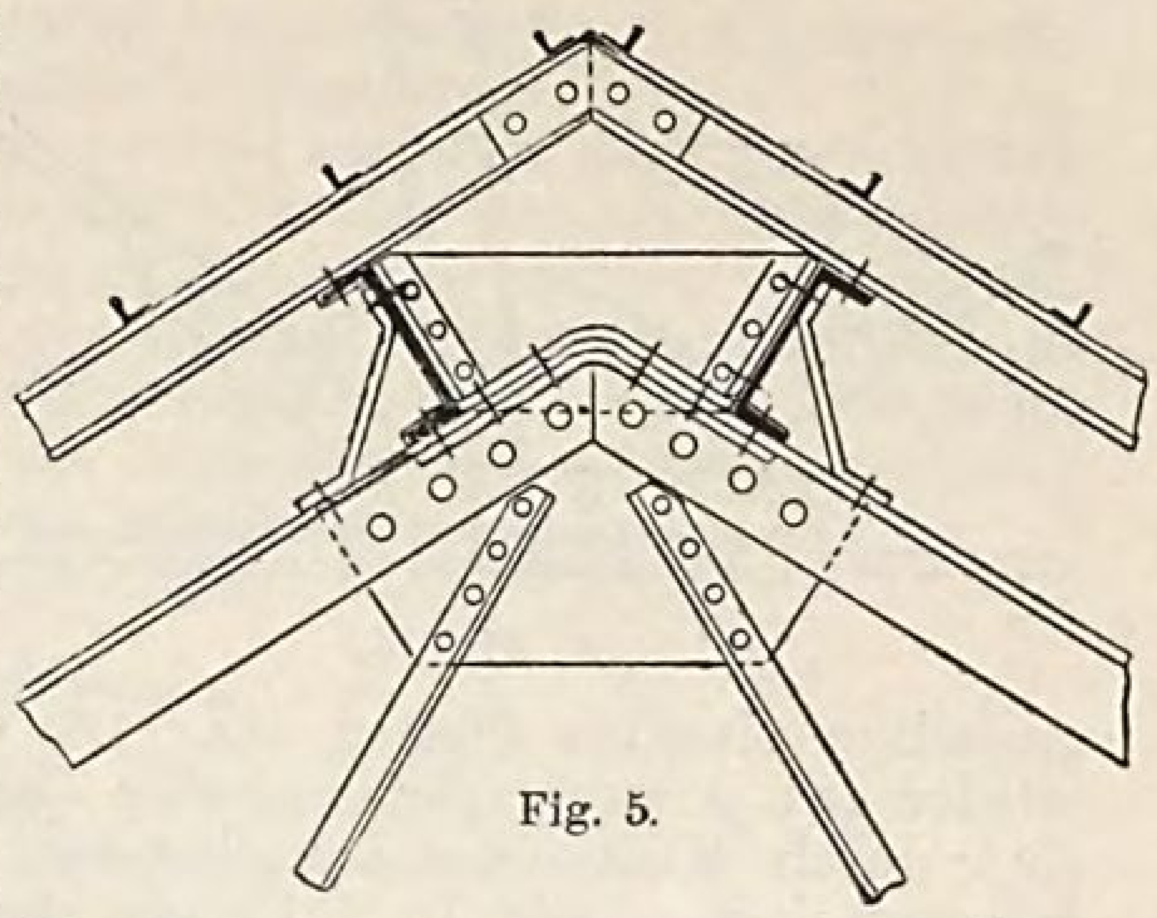


Fig. 5.

geschehen, wo die Streben keine oder nur eine geringe Teilkraft parallel zur Gurtung besitzen, was z. B. beim französischen Dachstuhl der Fall ist. Die Nietzahl zur Befestigung der Knotenbleche und der Stäbe, sowie zur Verbindung der aus verschiedenen Teilen zusammengesetzten Gurtungen, die Gruppirung der Nieten u. s. w. geschieht nach den unter Nietverbindungen gegebenen Regeln.

e. Auf die Ausbildung der Binderkonstruktionen braucht hier nicht näher eingetreten zu werden, soweit für dieselbe die allgemeinen Regeln des Eisenbaues massgebend sind; es sollen nur einige eigentümliche Einzelheiten der Dächer besprochen werden. Diese finden sich namentlich bei den Knotenpunkten, welche fast immer gleichzeitig zur Aufnahme der Pfetten ausgebildet werden, im besonderen bei den Firstpunkten und an den Binderfüssen, den Traufpunkten.

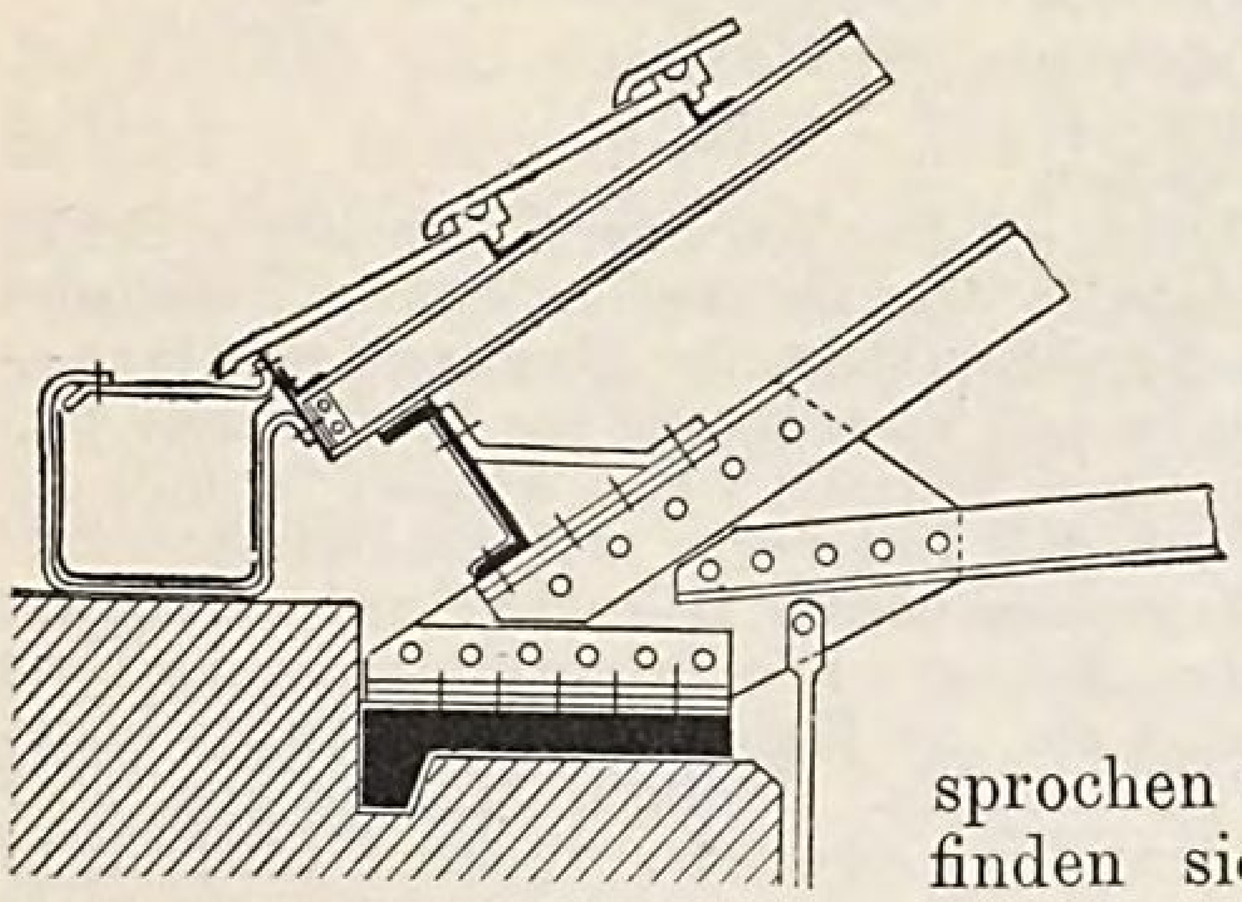


Fig. 6.

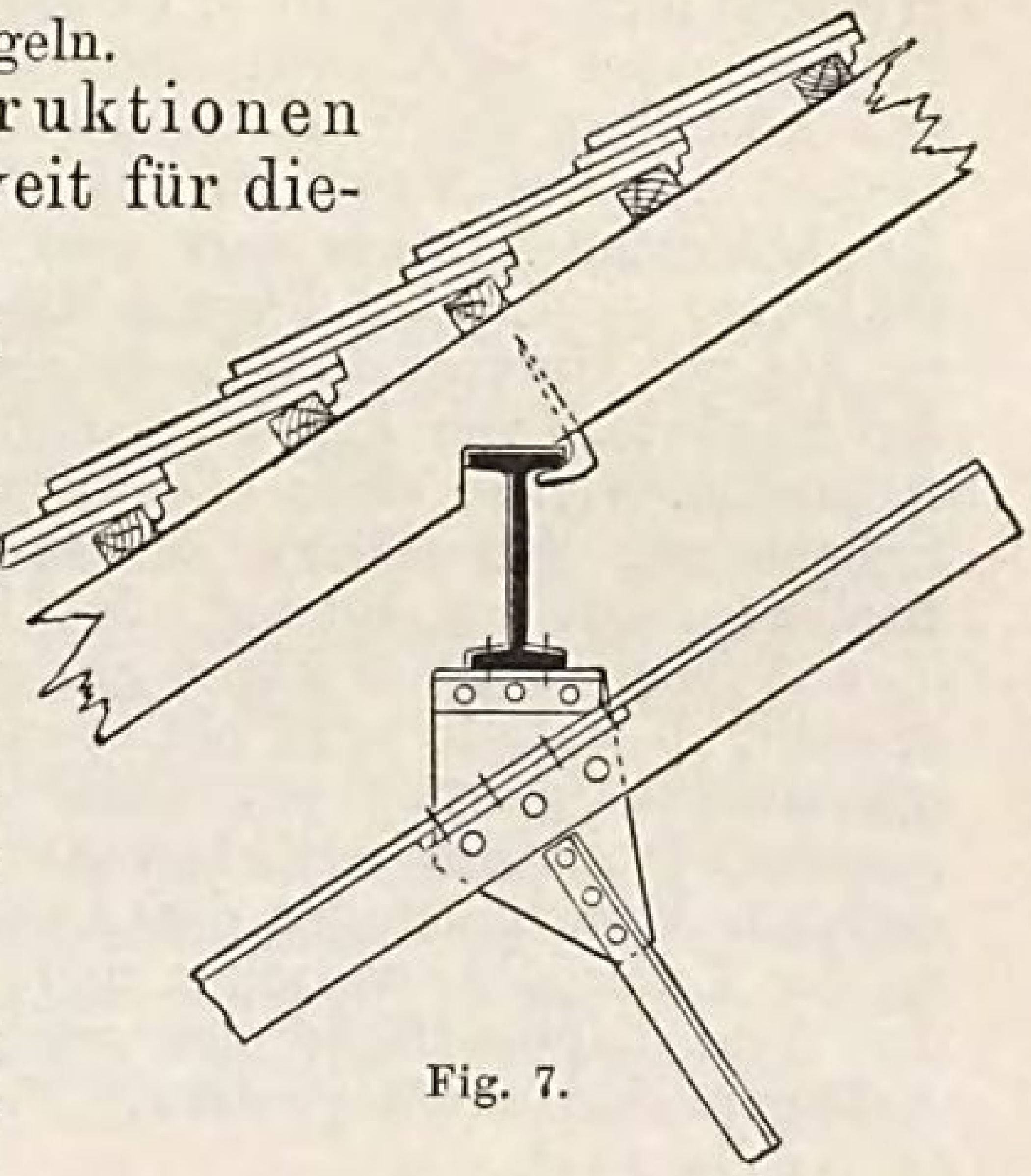


Fig. 7.

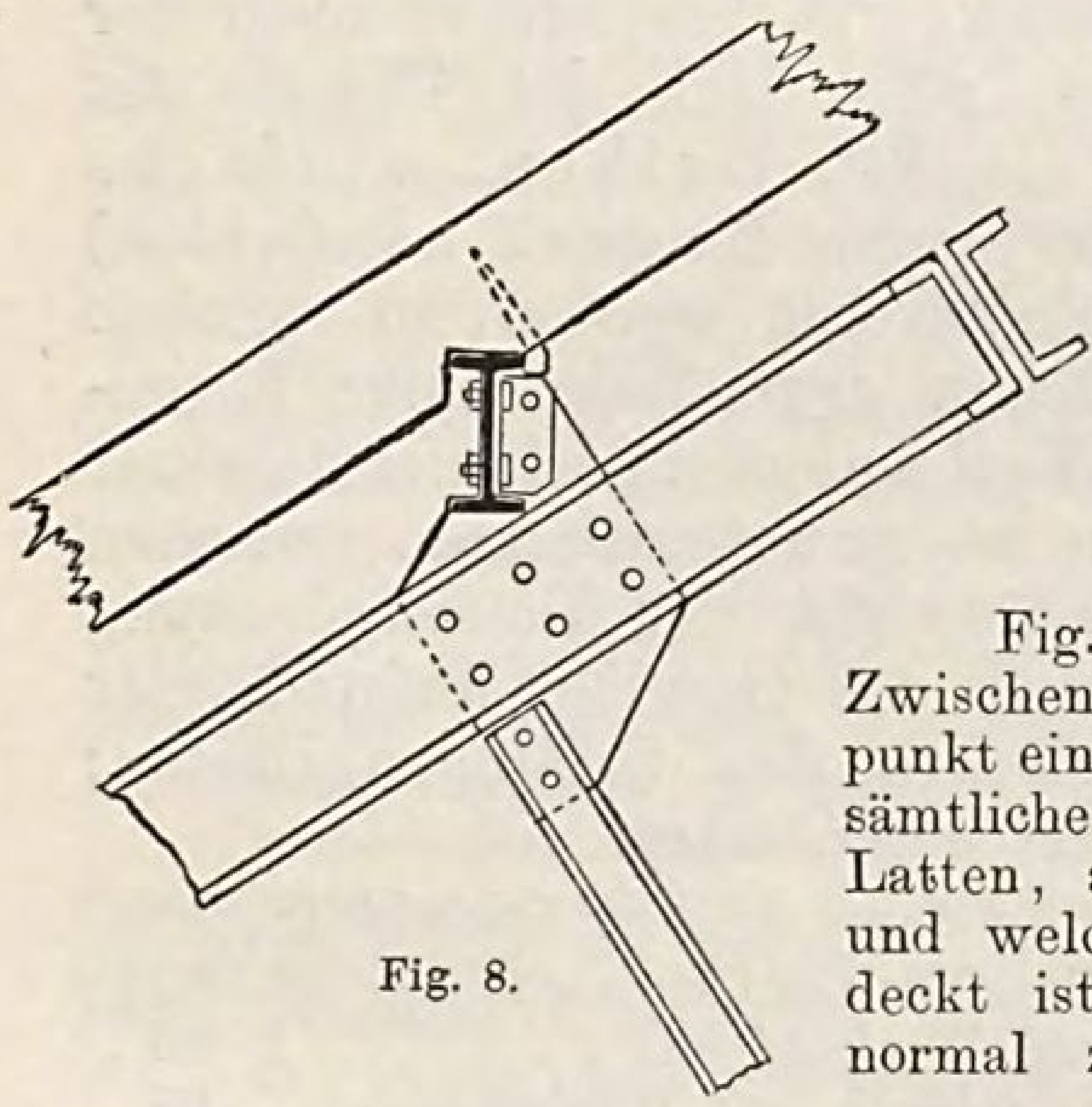


Fig. 8.

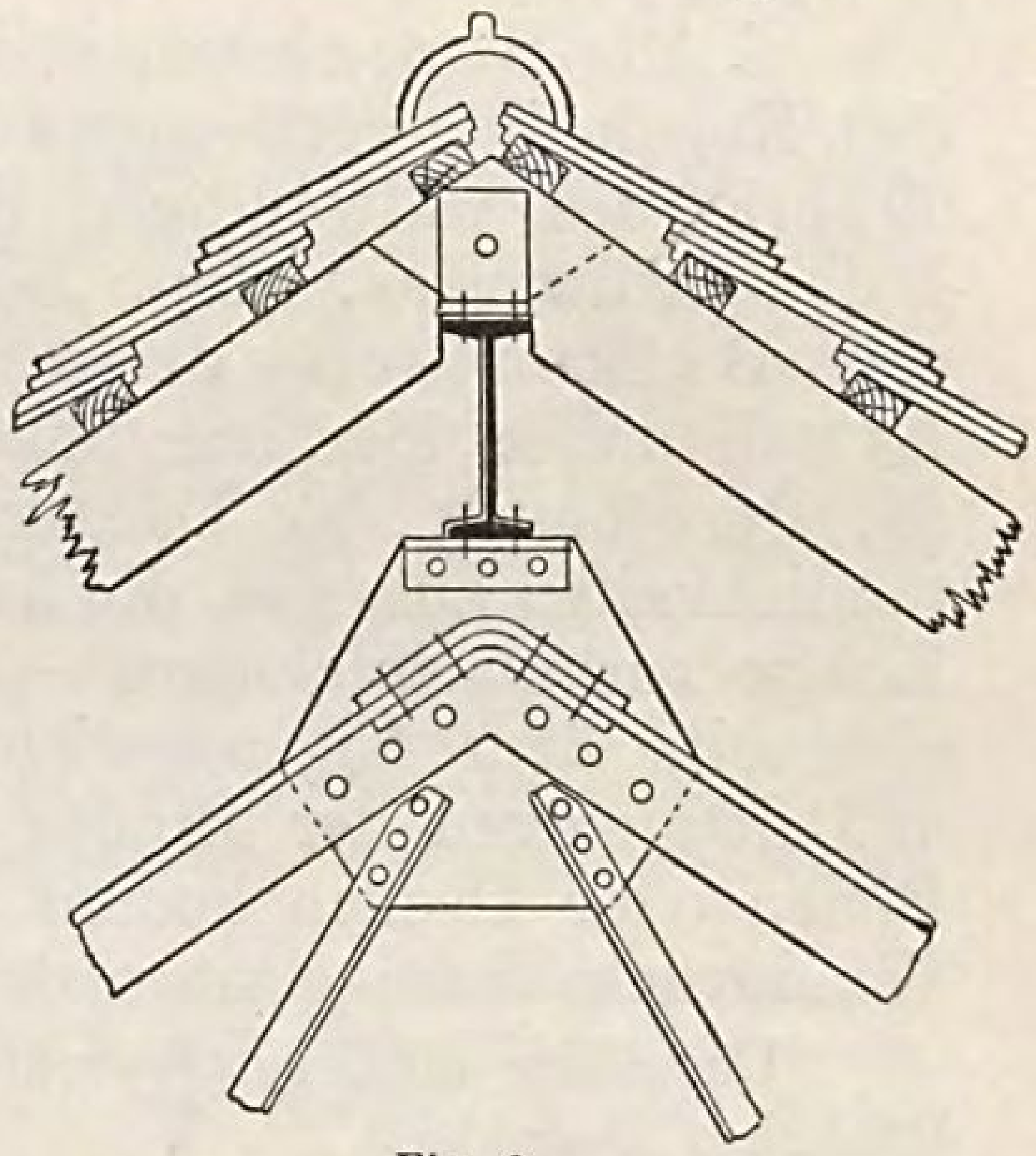


Fig. 9.

Fig. 4—6 zeigen einen Zwischenknoten, First- und Traufpunkt eines Sparrendaches, dessen sämtliche Teile, auch Sparren und Latten, aus Eisen gebildet sind und welches mit Falzziegeln gedeckt ist. Die Pfetten stehen normal zur Dachneigung, alle

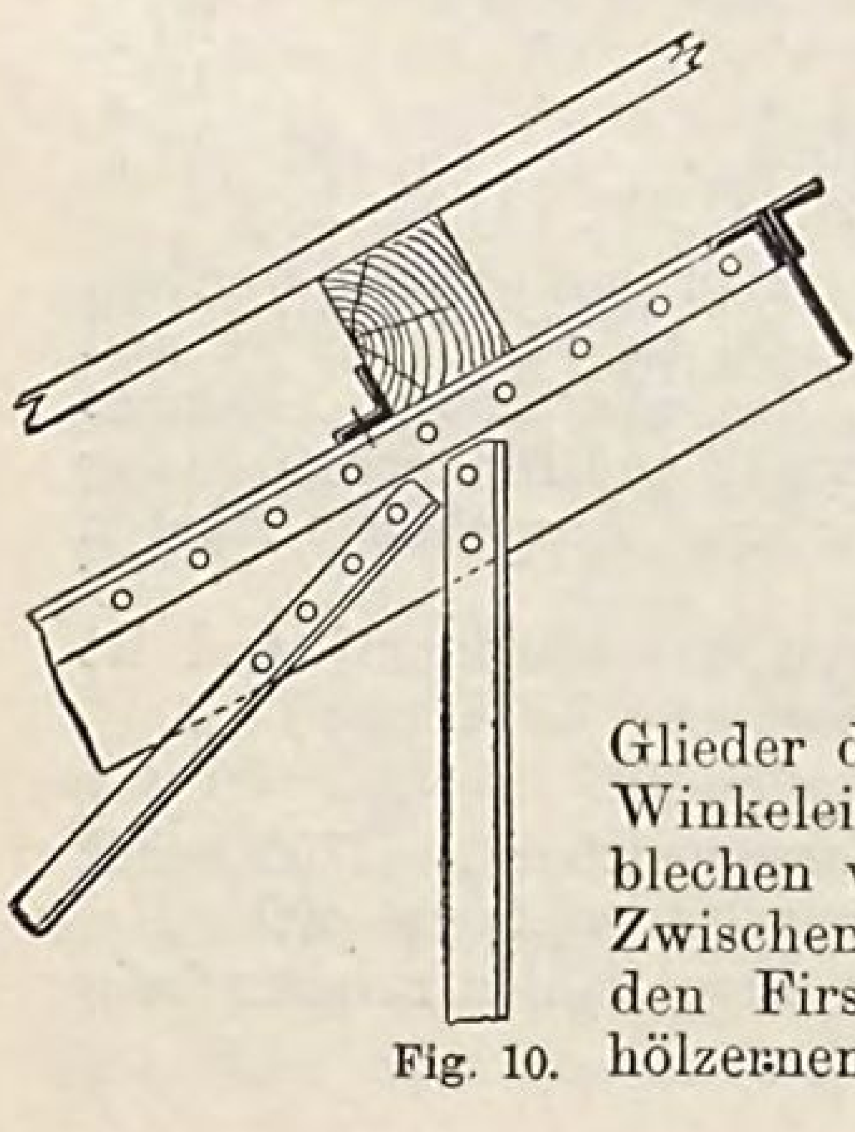


Fig. 10.

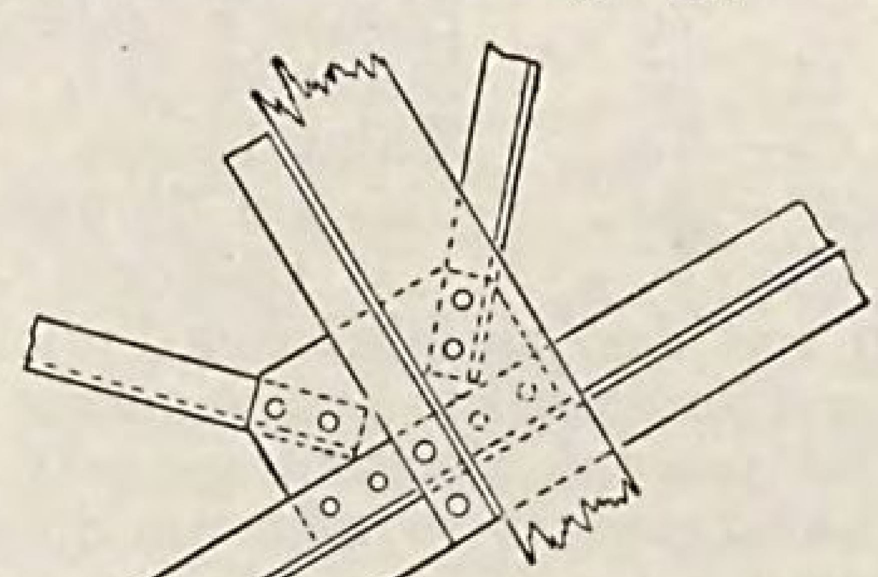


Fig. 11.

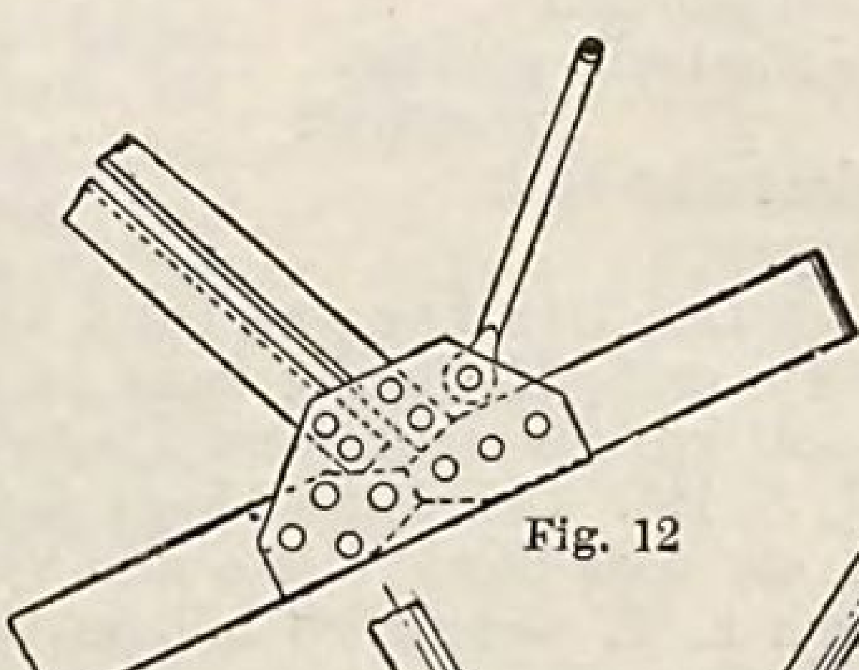


Fig. 12

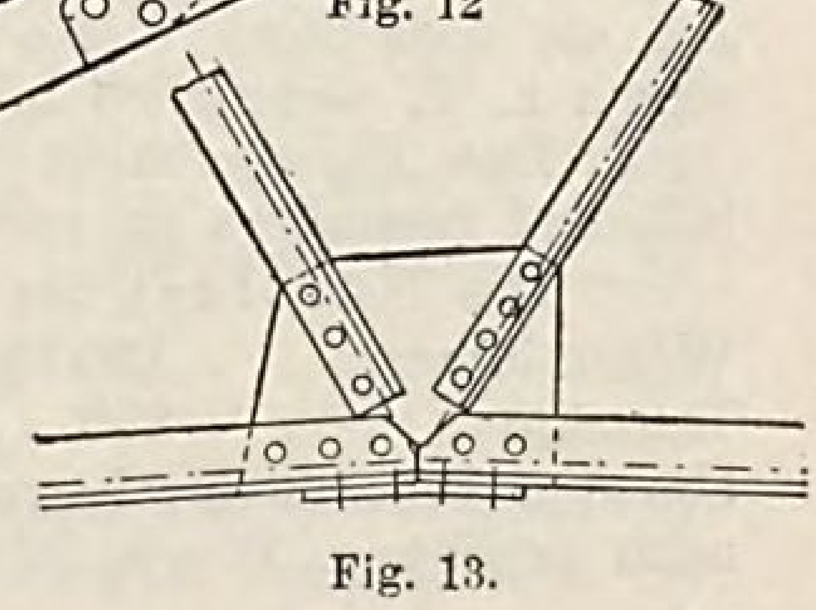


Fig. 13.

Glieder des Binders bestehen aus doppelten Winkeleisen und sind mittelst Knotenblechen verbunden. — Fig. 7 u. 8 stellen Zwischenknoten der Obergurtung, Fig. 9 den Firstpunkt von Sparrendächern mit hölzernen Sparren und Latten und lotrecht

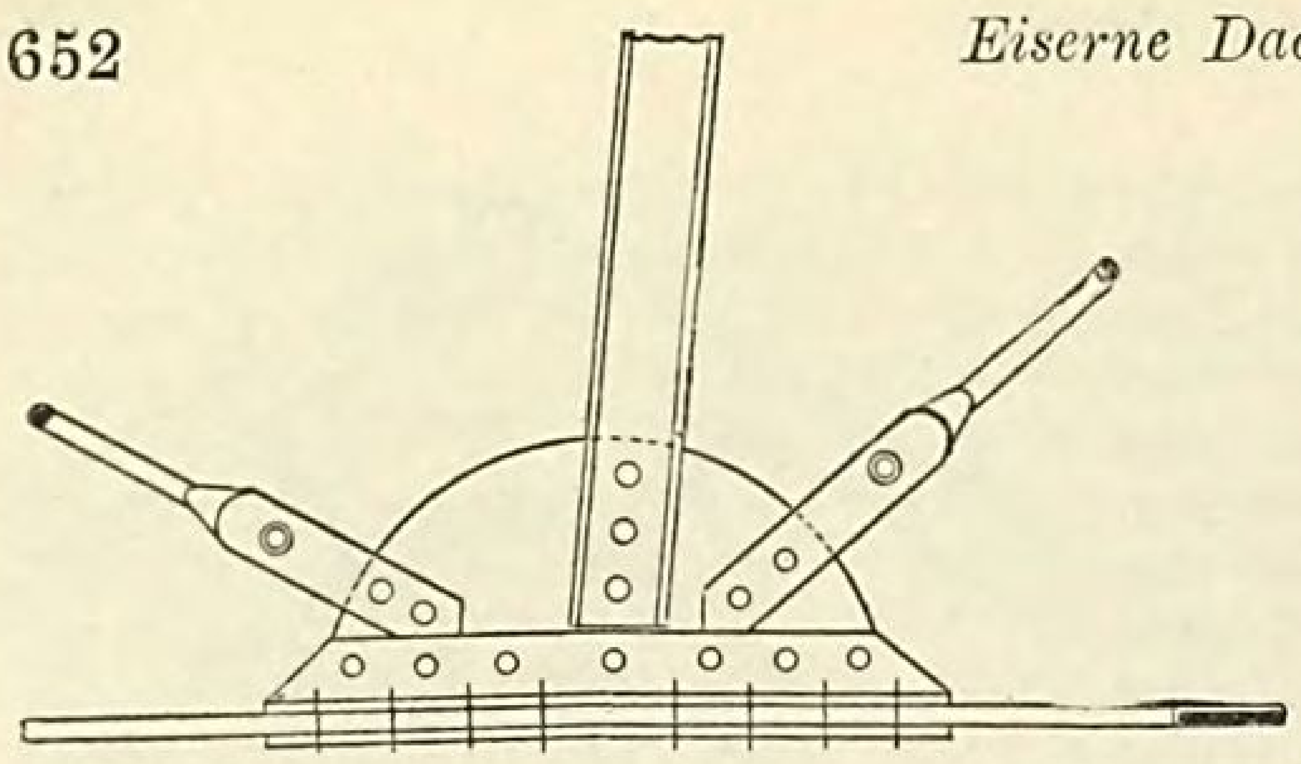


Fig. 14.

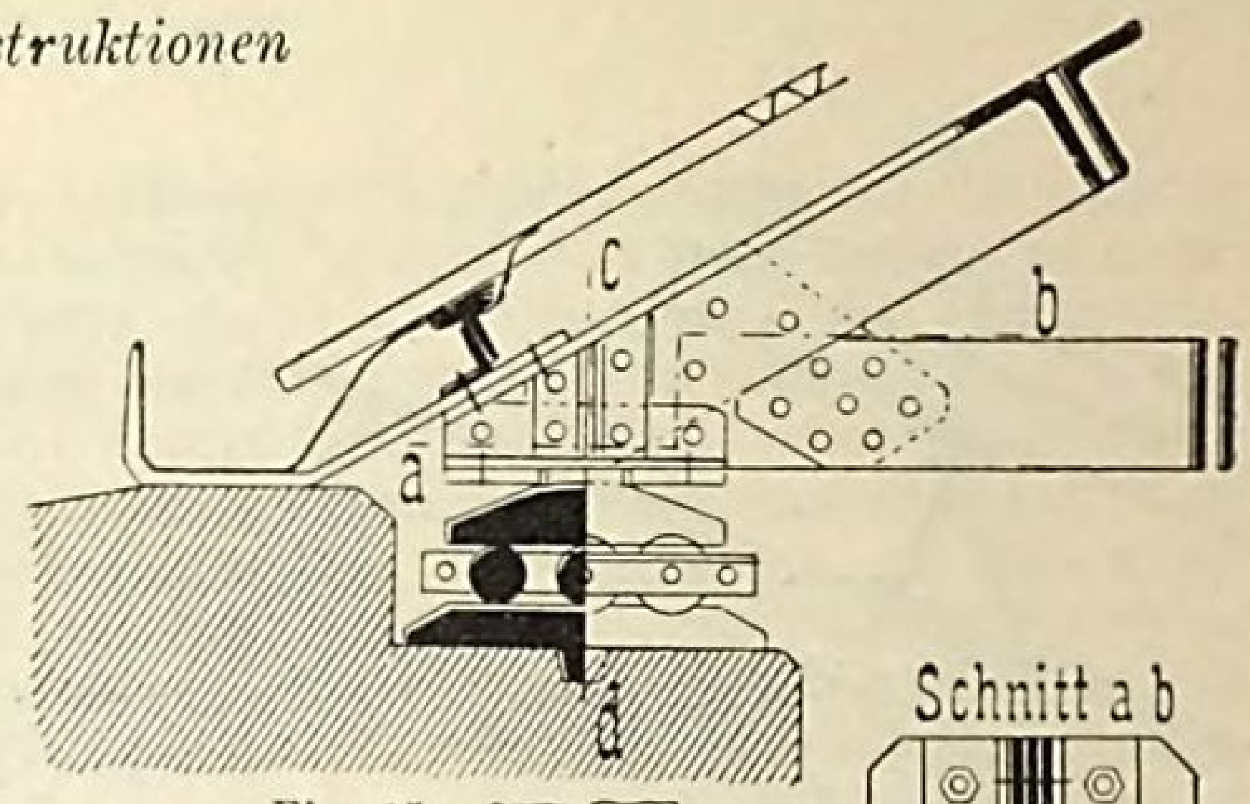


Fig. 15.

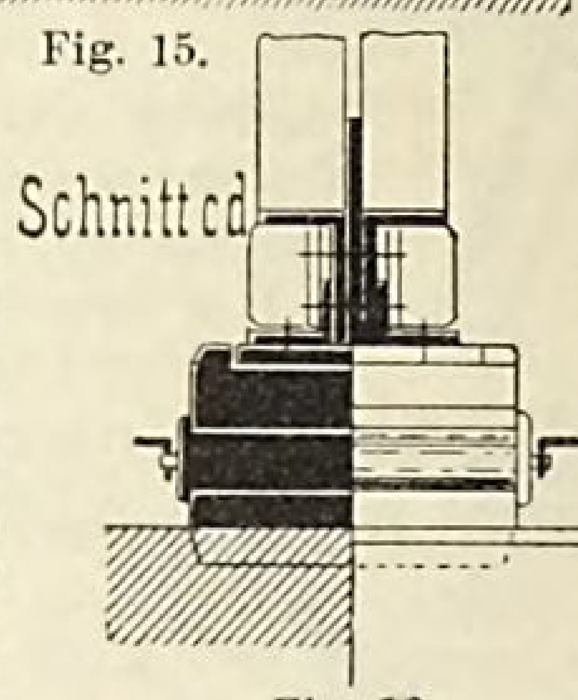


Fig. 16.

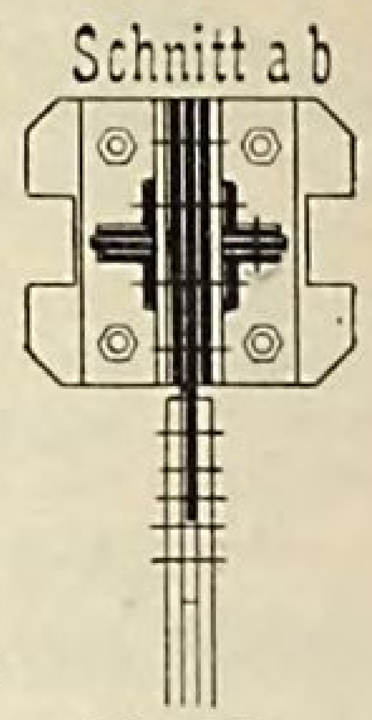


Fig. 17.

gestellten eisernen Pfetten dar. Die Gurten und Streben, wieder aus je zwei symmetrischen Querschnitten gebildet, sind durch Knotenbleche verbunden, auf welche Pfetten gelagert sind. — Fig. 10 u. 11 gibt den Knotenpunkt eines Pfettendaches in Ansicht und Grundriss, welch letzterer den Anschluss der Windstreben zeigt. Der Gurtquerschnitt besteht hier aus Stehblech und Winkeleisen, auf welchen die hölzernen Pfetten mit der Verschalung unmittelbar aufliegen. — In den Figuren 12—14 sind einige Knotenpunkte von Untergurtungen dargestellt. Fig. 12 entspricht den Bauformen von Fig. 4—9, Fig. 13 zeigt einen einfachen stehenden, Fig. 14 einen ebensolchen liegenden Bandgurt, ersterer von einer Gasanstalt in Berlin (erbaut von Schwedler), letzterer von der Einsteighalle der niederschles.-märk. Eisenbahn Berlin (erbaut von Römer). In Fig. 15 ist noch ein doppelter stehender Bandgurt sichtbar. — Von Auflagern ist in Fig. 6 ein gewöhnliches Gleitlager mit Verankerung des Binderfusses dargestellt, in Fig. 15 u. 16 ein etwas vereinfachtes Kipp- und Rollenauflager, welches für mittlere Spannweiten passend ist. Eine Platte (Fig. 17), auf die Unterseite des Binderfusses aufgenietet, greift mit seitlichen Ausschnitten in die Nasen des oberen Balanciers und verhindert dadurch Verschiebungen des Auflagers gegenüber dem Binder. Der Balancier, mit einer Nase an der Unterfläche versehen und aufs Mauerwerk statt auf die Rollen gestellt gedacht, bildet das feste Kippauflager des gegenüber liegenden Binderfusses. Weitere Mitteilungen über Auflager sind unnötig, da sie für grosse Dächer ganz denjenigen der Brücken entsprechen (s. Auflager).

f. Die Berechnung der eisernen Dächer erfolgt im allgemeinen nach den Regeln der rechnenden oder zeichnenden Statik, im besonderen nach der Theorie des vollwandigen Balkens, resp. Bogens, oder nach der Theorie des Balkenfachwerkes, resp. Bogenfachwerkes. (S. die Art. Balken, einfache und Balkenfachwerke, Bogen [Bogenträger] und Bogen, einfache.) Es soll daher hier nur auf diejenigen Punkte eingetreten werden, in welchen die Berechnung der Dächer derjenigen der Brücken gegenüber einige Eigentümlichkeiten aufweist, die hauptsächlich mit dem Vorhandensein schiefer äusserer Kräfte zusammenhängen. — Bei den Belastungen ist zu unterscheiden zwischen einerseits dem Eigengewicht, welches aus dem Gewicht der Dacheindeckung und demjenigen der Binder besteht, wozu eventuell das Gewicht aufgehängter Böden oder Decken kommt, und andererseits zwischen den zufälligen Lasten: Winddruck, Schneelast und eventuell Nutzlast der Wohnböden.

Ungefähre mittlere Gewichte von Dacheindeckungen für 1 m² schiefer Dachfläche:

Einfaches Ziegeldach	60—100 kg	Zink u. Eisenblech auf Holzschalung	40—50 kg
Doppeltes „	90—130 „	Schiefer auf Winkeleisen	45 „
Falzziegeldach	70 „	Ebenes Eisenblech auf Winkeleisen	25 „
Schieferdach, gelattet	45— 55 „	Eisenwellblech „ „	20 „
„ verschalt	65— 75 „	Zinkwellblech „ „	15 „
Holzzementdach	120—160 „	Glas auf Sprosseneisen	35—40 „
Teerpappe	25— 35 „	(Näheres s. [2], S. 260, [4], S. 18.)	

Das Bindergewicht kann erst dem ausführlichen Projekt genau entnommen werden; für die erste Rechnung kann es eingeführt werden mit ungefähr 15—20 kg für leichtere und 20—30 kg für schwerere Dachstühle pro m² Horizontalprojektion des überdeckten Raumes ([4], S. 19). Uebrigens hängt das Bindergewicht zu sehr von Spannweite und Binderentfernung ab, als dass diese Werte alle vorkommenden Fälle einschliessen würden. Ausgeführte Bauten zeigen z. T. wesentlich höhere Gewichte, [2], S. 268.

Das Eigengewicht von Decken und Böden schwankt von 60—450 kg/m² und ist jedesmal besonders zu ermitteln. (S. Art. Decken und die dort gegebene Litteratur.)

Die Nutzlast für Böden und Decken kann angenommen werden zu

Wohnräume . . .	150 kg/m²	Heuspeicher . . .	500 kg/m²	Warenspeicher . .	750 kg/m²
Tanzsäle	250 „	Fruchtböden . . .	500 „	Menschengedränge	400 „

Um den Stössen der bewegten Lasten Rechnung zu tragen, werden diese Zahlen zweckmässig noch erhöht, z. B. um 20%.

Schneelast. Diese ist natürlich sehr verschieden in den verschiedenen Klimaten; für Mitteleuropa kann man sie zu 80 kg/m² horizontale Grundfläche einführen.

Winddruck. Der Winddruck kann erfahrungsgemäss schief von oben nach unten wirken und wird daher unter einem Winkel β von 10—15⁰ zur Horizontalen geneigt angenommen. Er wird zerlegt in eine Teilkraft normal zur Dachfläche und in eine solche parallel zu derselben. Die letztere ist, abgesehen von etwaiger Reibung an der Dachhaut, ohne Einfluss auf die Belastung des Daches; die erstere berechnet sich für die Flächeneinheit der schiefen Dachfläche zu $n = w . \sin^2(\alpha + \beta)$ (Fig. 18), wenn w der Winddruck auf die Einheit der normal getroffenen Fläche bedeutet. Die Teilkraft senkrecht auf die Dachhaut wäre nämlich $w . \sin(\alpha + \beta)$, sie trifft aber auf eine im Verhältnis $\frac{1}{\sin(\alpha + \beta)}$ vergrösserte Fläche $a' b'$. Nach neueren Untersuchungen ist aber die Formel nicht einwandfrei (s. Winddruck). Den Normaldruck w nimmt man an zu 100—150 kg/m² im Binnenland und zu 250—270 kg/m² in Küstengegenden. — Endlich bleibt noch zu erwähnen, dass die Dachhaut und ihre Unterlagen eine konzentrirte Menschenlast zu 75 kg zu tragen im stande sein muss, um Schneeräumungsarbeiten und Reparaturen zu ermöglichen.

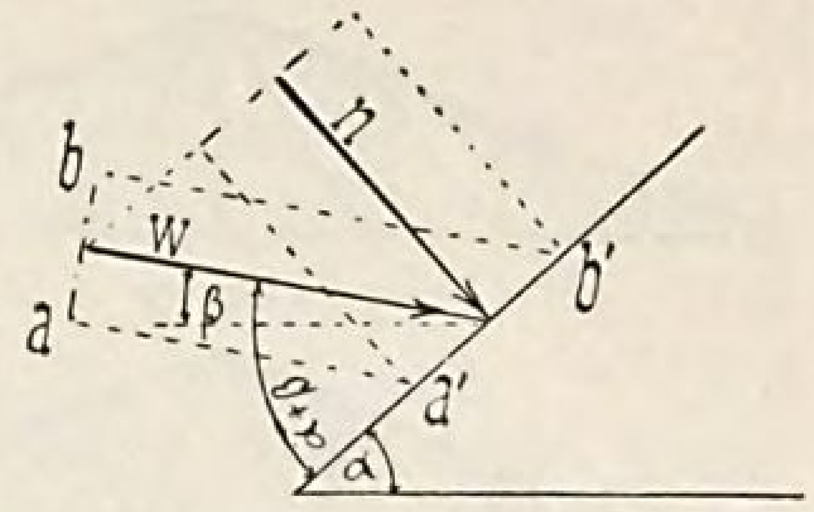


Fig 18.

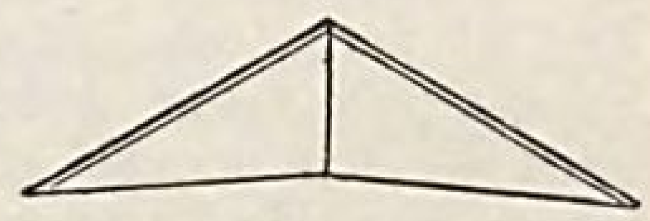
Sind alle Belastungseinheiten gegeben, so ermittelt man die der Entfernung der Binder und der Knotenpunkte entsprechenden, auf jeden dieser Punkte entfallenden Lasten. Man wird hierbei die lotrechten Lasten zusammenfassen, soweit dies möglich, den Wind aber gesondert behandeln. Für die Gurtungen kommt Totalbelastung durch Eigenlasten und Schneelast nebst Windbelastung auf die rechte resp. linke Dachhälfte in Frage. Bei den englischen Dachstühlen werden auch die Streben durch Totalbelastung am stärksten beansprucht; in den übrigen Fällen muss für die Streben hälftige Schneebelastung berücksichtigt werden, so lange die Dachflächen eben sind. Nur bei ganz grossen Dächern mit gebogenen Dachflächen, wo der Schnee beim Wegschmelzen auch Bruchteile einer Dachhälfte bedecken kann, unter Umständen auch bezüglich der Nutzlast angehängter Böden wird es nötig, für die Streben die ungünstigsten Belastungsfälle zu berücksichtigen (s. Hallendächer).

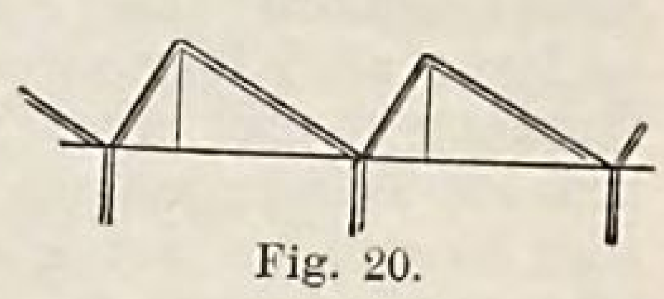
Abgesehen von diesen seltenen Fällen ist daher also die Berechnung der Dächer einfacher als diejenige der Brücken, denn nach Ermittelung der verschiedenen Belastungen erübrigt nur, für dieselben die Stützendrücke zu bestimmen, auf graphischem oder analytischem Wege in die Gurt- und Strebenkräfte zu zerlegen und die verschiedenen Kräftearten zu ihren Grösst- resp. Kleinstwerten zu vereinigen. Graphisch geschieht dies am besten mit Hilfe von Cremona'schen Kräfteplänen (vergl. Bd. 3, S. 79, auch [8], S. 86 u. ff., [4], [9] bis [11], wo sich graphisch und analytisch durchgeführte Rechnungen vorfinden, die als Beispiele dienen können.

Die Ermittelung der Stützen- oder Auflagerdrücke bildet die erste Aufgabe der Statik; sie löst sich verschieden, je nachdem man es mit äusserlich statisch bestimmten oder mit statisch unbestimmten Systemen zu thun hat. Im ersten Fall genügen die Gleichgewichtsbedingungen für Kräfte in der Ebene zur Ermittelung der Stützdrücke, im letzteren müssen die elastischen Formänderungen mit zu Hilfe gezogen werden. S. hierüber die Artikel Auflager und Stützendrücke eiserner Dächer, in welch letzterem diejenigen Ergänzungen nachgetragen sind, welche die besonderen Belastungsarten, namentlich der schiefe Winddruck, erfordern; s. übrigens auch [4], [8], [9].

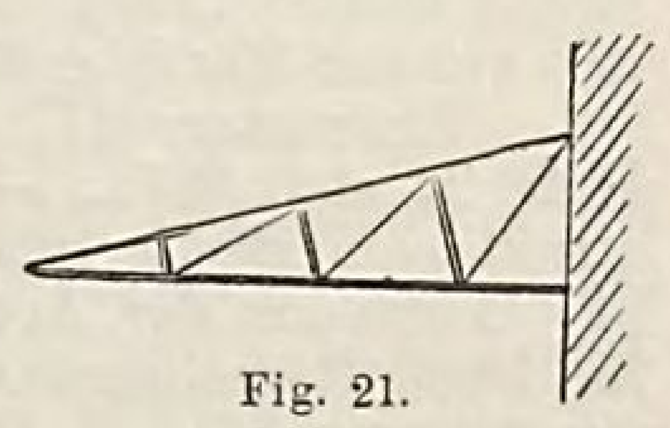
Haben die Obergurten der Binder noch Lasten (Pfetten) zwischen den Knotenpunkten aufzunehmen, so sind sie für die vereinigte Wirkung von Druck und Biegung zu berechnen. Die Pfetten sind auf Biegen nach einer oder zwei Richtungen beansprucht. S. über beides einige Einzelheiten im Artikel Pfetten.

Die Steifigkeitskonstruktionen werden in den seltensten Fällen so stark beansprucht sein, dass die Rechnung auf zulässige Spannung brauchbare Querschnitte ergeben würde; dieselben werden meist abgeschätzt, wobei der Grundsatz massgebend ist, dass durch diese Konstruktionsteile alle Arten von Schwankungen und Schwingungen, also Formänderungen, verhindert werden sollen, was grössere Querschnitte, als sie die Rücksicht auf die erlaubten Spannungen zuliessen, rechtfertigt. Was die Bestimmung der Querschnitte der Binderglieder selbst betrifft nach Ermittelung der in ihnen herrschenden Zug-, Druck- und Knickkräfte, so sind vielfach abweichende Regeln und Vorschriften in Uebung (s. Dimensionenberechnung).


Fig. 19.

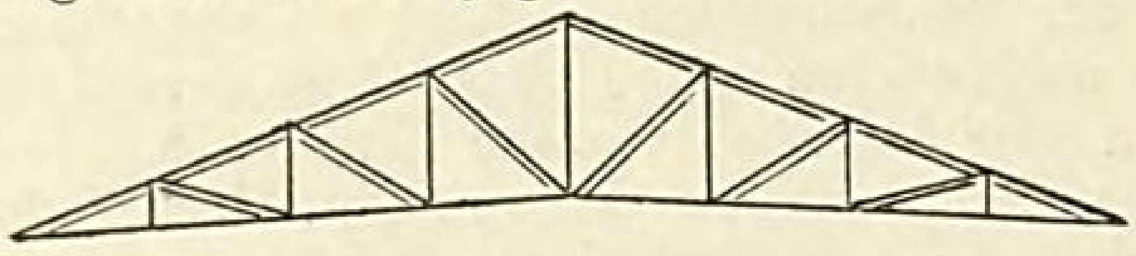

Fig. 20.

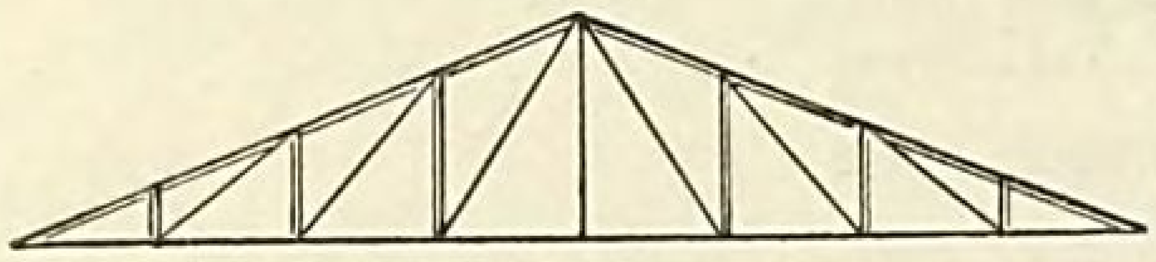
g. Zum Schluss soll noch eine Uebersicht über diejenigen Fachwerksformen gegeben werden, die am häufigsten für eiserne Dachbinder Verwendung finden; bei der Besprechung von Dächern zu besonderen Zwecken sollen noch einige Ergänzungen zu derselben gegeben werden.

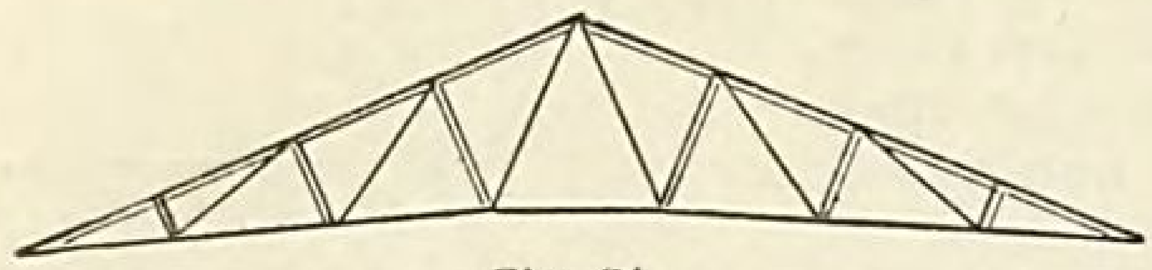

Fig. 21.

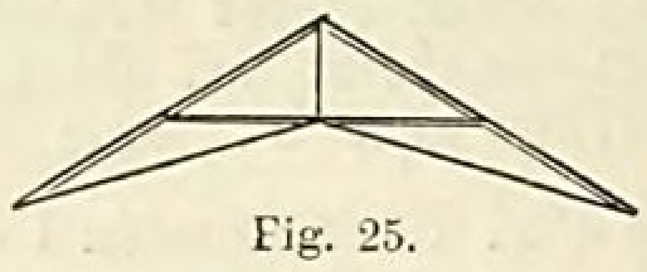
Das einfache Satteldach (Fig. 19) findet für die kleinsten Spannweiten Verwendung; das Säge- oder Sheddach (Fig. 20) ist ein Satteldach mit ungleich geneigten Dachflächen, das

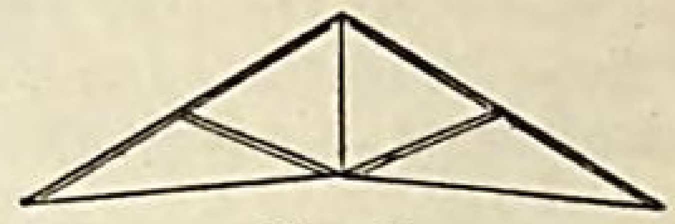
Pultdach (Fig. 21) ist die eine Hälfte eines Satteldaches. — Der englische Dachstuhl (Fig. 22—24) besteht aus geradlinigen Streckbäumen und aus einer regelmässigen Aufeinanderfolge von Füllungsgliedern. Er bildet ein reines und das denkbar einfachste Fachwerk und kann ohne Aenderung des Bildungsgesetzes für jede Spannweite benützt werden. — Der deutsche Dachstuhl (Fig. 25 und 26) ist eine Abart des englischen Stuhles und eignet sich nur für kleinere Spannweiten. — Der französische Dachstuhl, nach seinem Erfinder auch Polonceau-Stuhl genannt (Fig. 27—29) besteht aus zwei schief gestellten armirten Balken, die durch eine Zugstange mit einander verbunden sind. Durch Wiederholung der einfachen Armirung der ursprünglichen Form (Fig. 27) können statt eines drei (Fig. 28) und mehr Unterstützungspunkte für den oberen Streckbaum geschaffen werden. In Fig. 29 — der Schwedler'schen Abart des französischen Dachstuhles — ist eine reichliche Anzahl von Stützpunkten durch Verwendung von Gittersparren erreicht. — Der belgische Dachstuhl (Fig. 30 und 31) mit zwei Stützpunkten des oberen Streckbaumes ist eine Abart des französischen und eignet sich nur für mässige Spannweiten. — Fig. 32 zeigt einen Typus der Binderformen mit geradem obern und gekrümmtem untern Streckbaum, welche vielfach Verwendung finden, da sich der innere Raum günstig ausnützen lässt und zugleich die Eindeckung eine einfache wird. Auf beiden Seiten sind nach einwärts fallende Pultdächer angehängt. — Der Sichelträger ist die mit Vorliebe verwendete Form für Hallendächer. Beide Gurtungen sind gekrümmt, sei es nach Parabeln, Kreisbögen oder anderen Kurven. Die Anordnung der Füllungsglieder ist sehr verschieden, ebenso die verwendeten Pfeilhöhen und die Stichhöhen der untern Gurtung. Fig. 33 zeigt eine Form des Sichelträgers mit Pfosten und gekreuzten Streben. — Auch der Parabelträger, in welchen der Sichelträger übergeht, wenn der untere Streckbaum geradlinig wird — den oberen als nach einer Parabel gekrümmt vorausgesetzt — findet Verwendung, ferner der Halbparabelträger, bei welchem die Streckbäume nicht in einen Punkt zusammengeführt sind, sondern an Endpfosten von bestimmter Höhe endigen. — Vom Bogenträger sind hier zwei Formen gegeben. Fig. 34 stellt einen Fachwerkbogen mit gekrümmten Gurtungen und einer Zugstange dar, welche den Horizontalschub aufzunehmen hat; die lotrechten Hängestangen haben nur die horizontale Zugstange am Durchhängen zu verhindern. Fig. 35 endlich ist ein Bogen mit Punktauflagern, welcher zugleich Dach und seitliche Abschlusswände bildet. Mit Scheitelgelenk oder ohne ein solches — wie hier — wird diese Form mit grosser Vorliebe für moderne Ausstellungsbauten verwendet.

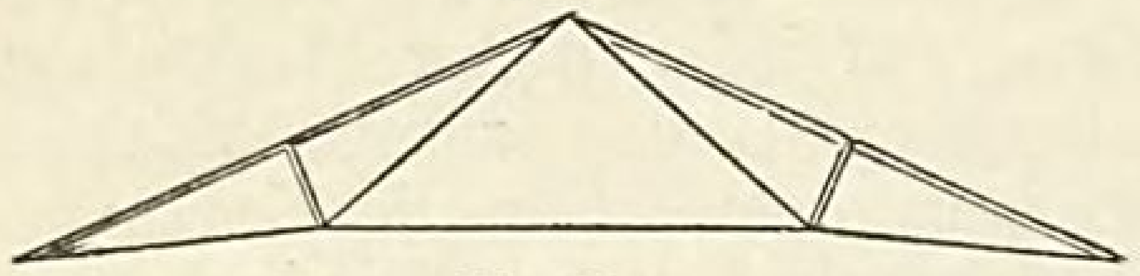

Fig. 22.

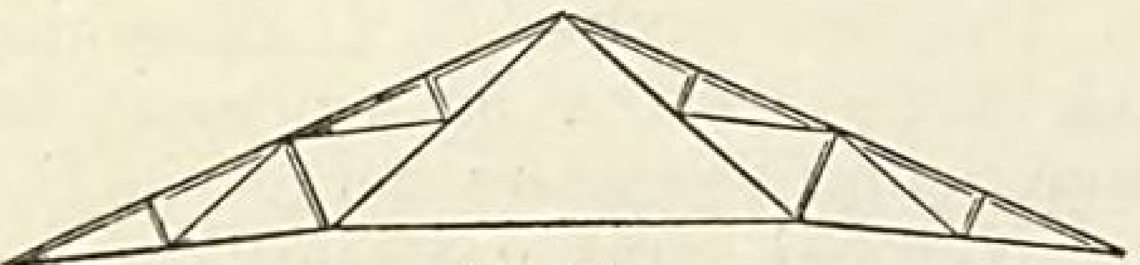

Fig. 23.

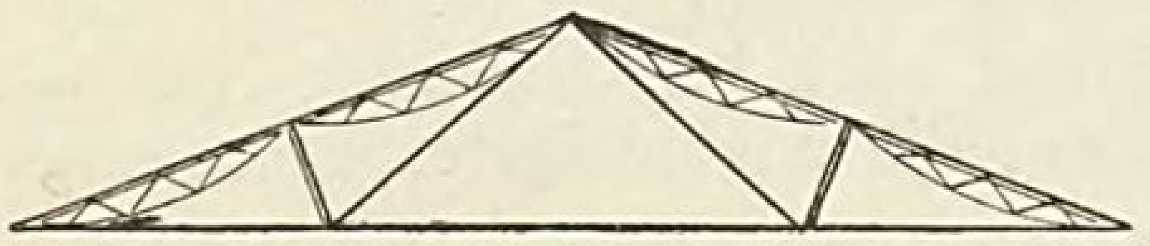

Fig. 24.

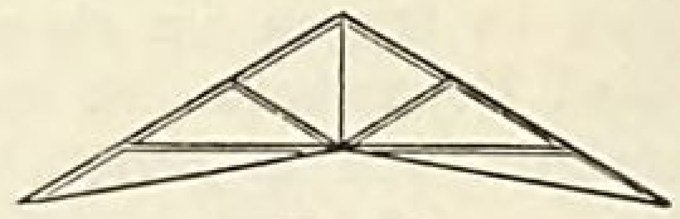

Fig. 25.

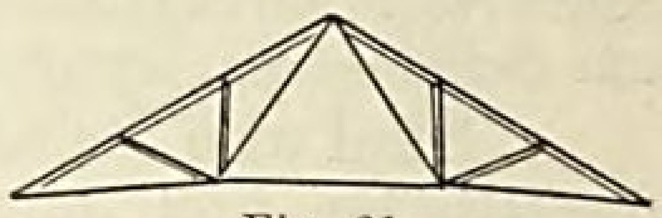

Fig. 26.

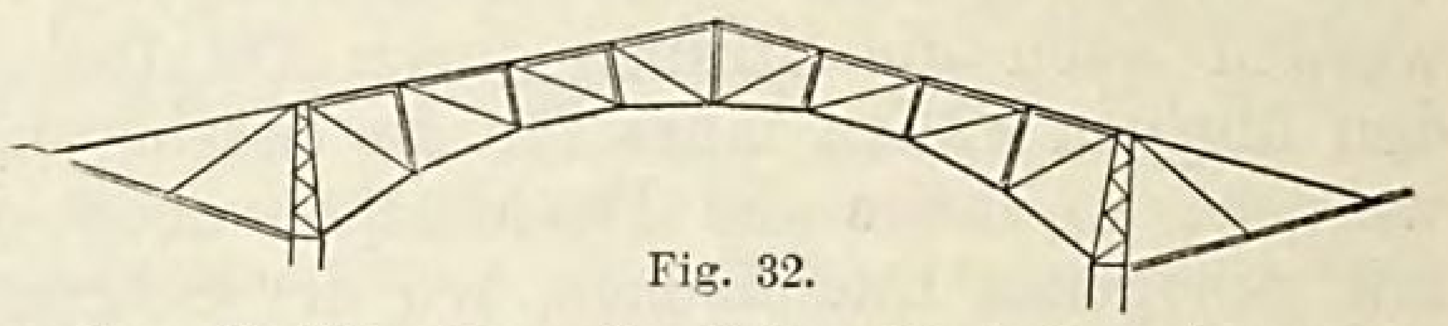

Fig. 27.

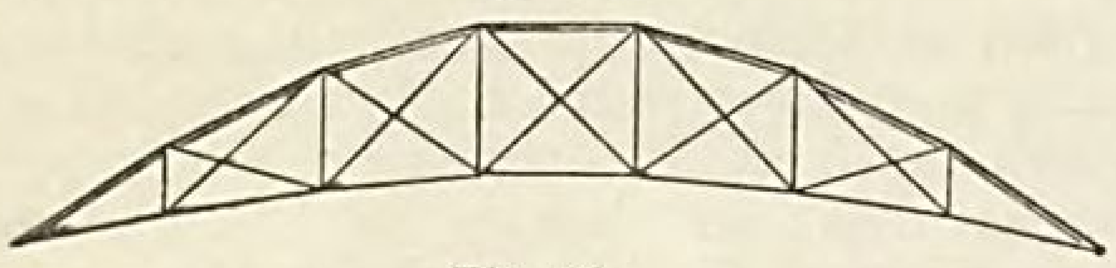

Fig. 28.

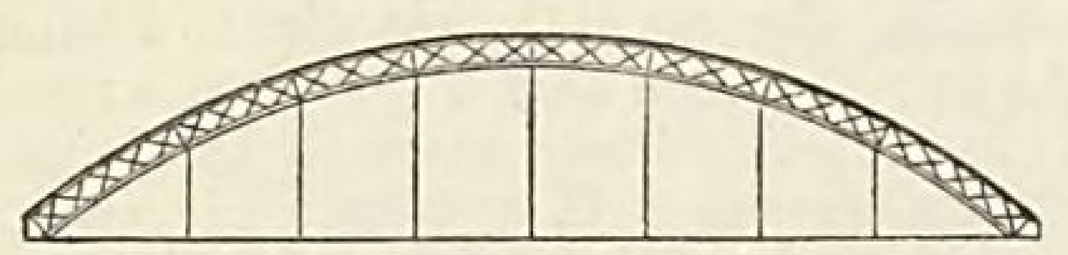

Fig. 29.

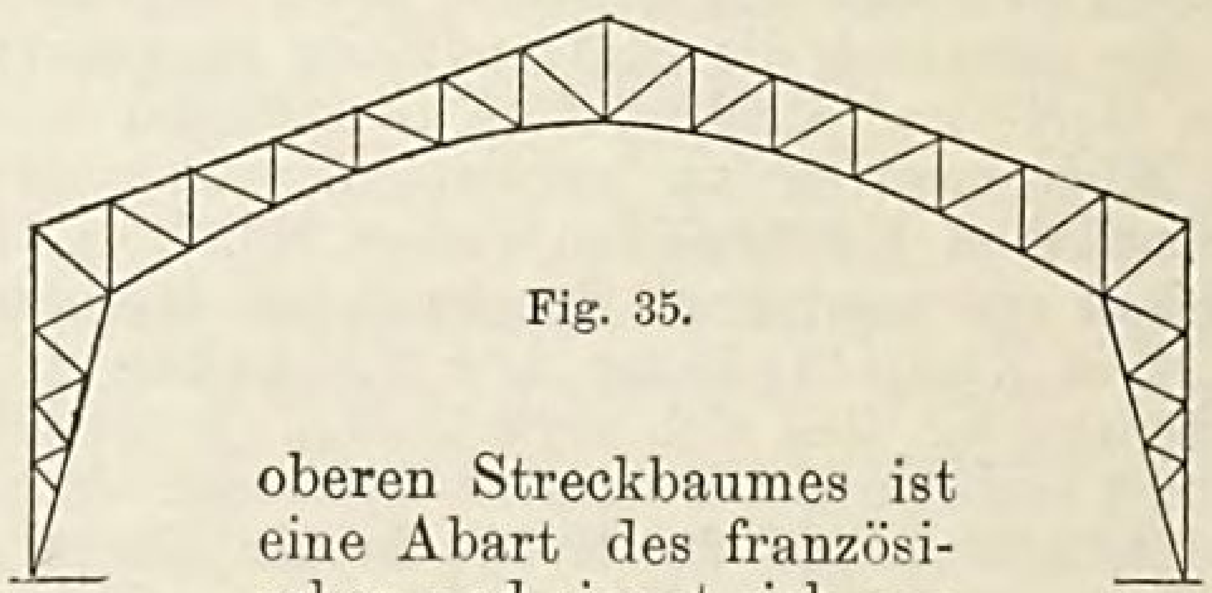

Fig. 30.


Fig. 31.


Fig. 32.


Fig. 33.


Fig. 34.


Fig. 35.

Litteratur: [1] Heinzerling, Der Eisenhochbau der Gegenwart, Heft 1, Aachen 1876, Heft 2, ebd. 1878. — [2] Gottgetreu, Lehrbuch der Hochbau-Konstruktionen, Eisenkonstruktionen, Berlin 1885, Teil 3. — [3] Brandt, Lehrbuch der Eisenkonstruktionen, Berlin 1876. — [4] Handbuch der Architektur, I 1 b, Statik der Hochbau-Konstruktionen, Darmstadt 1889. — [5] Ibid., Raumbegrenzende Konstruktionen (im Erscheinen). — [6] Scharowski, Musterbuch für Eisenkonstruktionen, 2. Aufl., Berlin 1892, Bd. 1. — [7] Tetmajer, Schmiedeeiserne Dächer, als Manuskript autogr., Zürich 1880. — [8] W. Ritter, Anwendungen der graphischen Statik, Zürich 1890, Teil 2. — [9] Müller-Breslau, Die graphische Statik der Baukonstruktionen, Leipzig 1887,

Teil 1. — [10] Weyrauch, Beispiele und Aufgaben zur Berechnung der statisch bestimmten Träger für Brücken und Dächer, Leipzig 1888. — [11] Handbuch der Ingenieurwissenschaften, Brückenbau, 2. Aufl., Leipzig 1886—88. *Mantel.*

Eiserne Lehrbögen. Dieselben wurden bereits 1824 beim Bau des Harecastle Tunnels, dann beim Bau des Kirchheimer Tunnels, dem Naenser und Ippeuser Tunnel und dem Bau der Londoner Untergrundbahn verwendet, in allen diesen Fällen aber aus gusseisernen, mit Schrauben verbundenen Segmentstücken hergestellt. Leichter und besser gestaltete sich die Verwendung von gebogenem und mit Laschen verbundenem I-Eisen, wie sie beispielsweise in Bischofferode, übrigens noch in zahlreichen neueren Tunnelbauten erfolgte. Der Umstand, dass dergleichen Lehrbögen, wenn sie neben der Last des Gewölbes noch den Gebirgsdruck aufnehmen sollen, eines komplizirten Unterbaues bedürfen und dass hierbei die Vorteile des teureren Materials nicht ansgenützt werden können, ferner die grössere Leichtigkeit und Billigkeit der aus Holz hergestellten Lehrbögen (s. d.) lassen die ausschliessliche Anwendung eiserner Lehrbögen, wo sie nicht, wie bei dem Rziha'schen System, mit der ganzen Bölzung in organischen Zusammenhang gebracht sind, nicht als zweckmässig erscheinen. *v. Oer.*

Eiserne Pfeiler gelangen bei Brücken an Stelle von Steinpfeilern dort zur Ausführung, wo es sich, wie besonders bei Stadtbahnbrücken, entweder um geringere Einschränkung der Oeffnungsweiten, um raschere und billigere Ausführung oder bei hohen Pfeilern um geringere Belastung des Baugrundes handelt. Niedere Pfeiler werden als Säulen oder Röhren, hohe Pfeiler als Fachwerke konstruirt.

Die Säulenpfeiler kommen vornehmlich bei der Ueberbrückung breiter, frequenter Strassen durch Hochbahnen zur Anwendung. Sie bestehen aus einzelnen oder einer Reihe von Stützen, die früher ausschliesslich aus Gusseisen in Form hohl gegossener cylindrischer oder schwach verjüngter Säulen ausgeführt wurden, jetzt aber häufig auch aus Schmiedeeisen gebaut werden und zwar mit aus Quadranteisen gebildetem, röhrenförmigem oder sonst aus anderem Walzeisen zusammengesetztem Querschnitte. Die älteren Ausführungen zeigen ferner durchwegs flach aufgesetzte, bezw. mit dem Unterbau verankerte Säulen, während in neuerer Zeit deren Ausbildung zu Scharniersäulen, unter Anwendung sphärischer Lager, die übliche ist und den Vorteil bietet, dass die Säule stets zentrisch belastet wird und auf sie durch den Ueberbau keine Biegungsmomente übertragen werden.

Röhrenpfeiler aus zwei, höchstens drei zumeist mittelst Luftdruckgründung versenkter, unter einander gekuppelter Röhren bestehend, haben für Strombrücken dort Anwendung gefunden, wo Eisgänge nicht besonders gefährlich werden konnten und eine Kostenersparnis gegenüber Steinpfeilern angestrebt wurde. Sie sind zuerst in England (1849 bei der Themsebrücke bei Windsor) ausgeführt worden und bestehen die zumeist 2 bis 3 m weiten Rohre aus gusseisernen, mittelst innen liegender Flantschen verschraubten Trommeln, welche nach erfolgter Versenkung wenigstens bis auf Hochwasserhöhe mit Beton ausgefüllt wurden.

Derartige Pfeiler erhielten die Ebrobrücke der Pampelona-Saragossabahn, die Seinebrücke bei Argenteuil, die Allièrebrücken bei St.-Germain und bei Moulins, die Theissbrücke bei Szegedin, die Garonnebrücke bei Bordeaux, die Niemenbrücke bei Kowno u. a. Später hat man in einigen Fällen (Brücke über den Quadalquivir der Cordova-Sevillabahn) die Röhren auch aus Schmiedeeisen hergestellt und dadurch jedenfalls widerstandsfähigere Bauwerke geschaffen. Im allgemeinen wird jetzt diese Pfeilerkonstruktion nur noch selten angewendet; ein neueres Beispiel ist die neue Taybrücke, deren Pfeiler über Hochwasser aus achteckigen aus Blechen und Formeisen zusammengesetzten, oben bogenförmig verbundenen Röhren bestehen.

Eine weitere Gruppe der eisernen Pfeiler kann man als Piloten- oder Jochpfeiler bezeichnen. Sie bestehen aus in den Boden eingeschraubten gusseisernen oder eingerammten schmiedeeisernen Pfählen, die ganz nach Art der Pfähle eines Holzjoches reihenförmig angeordnet und unter einander durch Kreuzverstrebung verbunden sind [8]. Für leichte Brücken kleinerer Spannweite, geringe Wassertiefen und leichten Boden erweist sich die Anordnung eingeschraubter oder gerammter schmiedeeiserner Joche aus ⊢-Pfählen nicht unzweckmässig, jedenfalls hat sie den Vorteil der Billigkeit.

Höhere Pfeiler, wie sie bei Thalbrücken vorkommen, werden bei Ausführung in Eisen, als auf einem gemauerten Unterbau aufgesetzte Fachwerke konstruirt. Je nach ihrer Anordnung lassen sich Turm- oder Gitterpfeiler, Pendelpfeiler und Gerüstpfeiler unterscheiden.

Die eisernen Turmpfeiler haben ihre Vorläufer an den ganz aus Gusseisen aufgeführten Pfeilern (Pylonen) mehrerer Kettenbrücken, so der Maasbrücke bei Seraing u. a. Die ersten turmartigen, aus verstrebten Ständern gebildeten Pfeiler wurden von Liddle und Gordon beim Crumlinviadukte 1853 zur Ausführung gebracht. In den folgenden Jahren kamen durch Nördling im Zuge der Orleansbahn eine Anzahl grosser Viadukte sämtlich mit eisernen Gitterpfeilern zur Erbauung. Die Pfeiler dieser französischen Viadukte haben Pyramiden- oder Obeliskform und bestehen aus gusseisernen röhrenförmigen Ständern, die durch horizontale Riegel und Diagonalkreuze aus Schmiedeeisen mit einander verbunden sind. Bei den zuerst erbauten Viadukten (über die Cère und Creuse) enthalten die Pfeiler 6 und 8 solche Ständer, bei den später erbauten Viadukten (Bouble, Sioule, Bellon, Neuvial) sind die Pfeiler nur aus 4 Ständern zusammengesetzt. Nach diesen französischen Mustern wurden Ende der sechziger und Anfang der siebenziger Jahre auch anderwärts eiserne Gitterpfeiler zur Ausführung gebracht, so in Spanien, Italien, in Oesterreich beim Iglawa- und Weissenbachviadukt. Auch in Amerika war der eiserne Pfeilerbau aufgegriffen und übereinstimmend mit der amerikanischen Konstruktionsweise ausgebildet worden. Schon die ersten Ausführungen zeigen jedoch gegenüber den europäischen Beispielen eine wesentliche und wichtige Neuerung, nämlich den gänzlichen Ausschluss des Gusseisens, indem auch für die Ständer nur Schmiedeeisen zur Verwendung gelangte. Anfänglich wurde hierfür die Röhrenform beibehalten und dieselbe aus Quadrant- oder Sextanteisen gebildet. Später, so bei dem 1877 erbauten Kentucky-River-Viadukt und bei zahlreichen anderen Viadukten mit Eisenpfeilern, wählte man für die Ständer eine aus Winkeleisen und Blechen gebildete Kastenform. Seit dem Ende der siebenziger Jahre sind auch die in Europa erbauten eisernen Viaduktpfeiler ganz aus Schmiedeeisen errichtet worden, und sprachen hierfür in erster Linie dieselben Gründe, welche auch bei den Brückenüberbauten zum gänzlichen Ausschluss des Gusseisens geführt hatten. Beispiele dieser neueren Ausführungen sind in Deutschland der Viadukt bei Angelrode auf der Linie Arnstadt-Ilmenau und der Niddaviadukt zu Assenheim, in Frankreich der Viadukt über die Siagne, in der Schweiz die 1875—77 erbauten Viadukte der schweizerischen Nordostbahn, und zwar der Thurviadukt bei Ossingen, die Rheinbrücke bei Stein, der Reussviadukt bei Mellingen und die Guggilochbrücke der Toggenburgerbahn. In Oesterreich wurden 1892 an dem Iglawa-Viadukt der österreichisch-ungarischen Staatsbahn die ursprünglich mit Gusseisenständern ausgeführten Gitterpfeiler durch ganz aus Schmiedeeisen hergestellte Pfeiler ersetzt (Fig. 1). Eines der höchsten Bauwerke dieser Art ist der schon oben erwähnte Kentuckyviadukt der Cincinnati-Südbahn mit eisernen Turmpfeilern von 52,9 m Höhe auf 20 m hohen Steinsockeln; er wird aber an Höhe noch übertroffen von dem Mallecoviadukt in Chile mit eisernen Turmpfeilern von 43,7 m bis 75,7 m Höhe. In Verbindung mit Bogenträgern sind eiserne Gitterpfeiler bei der Dourobrücke bei Oporto, beim Garabitviadukt und beim Wupperviadukt zur Anwendung gekommen, in der Art, dass hier der Ueberbau einer grossen Mittelöffnung mittelst eiserner Gitterpfeiler auf einen diese Oeffnung überspannenden Fachwerksbogen gestützt ist. — Die vier Eckständer der Turmpfeiler werden nach aussen geneigt, so dass die Form einer abgestutzten Pyramide oder eines Obelisken entsteht. Gewöhnlich ist die Neigung senkrecht zur Brückenaxe grösser als nach der Längsaxe und wird die Basisbreite nach Möglichkeit so gross gewählt, dass auf den Pfeilersockel keine oder nur geringe Zugkräfte durch die Verankerung der Ständer übertragen werden.

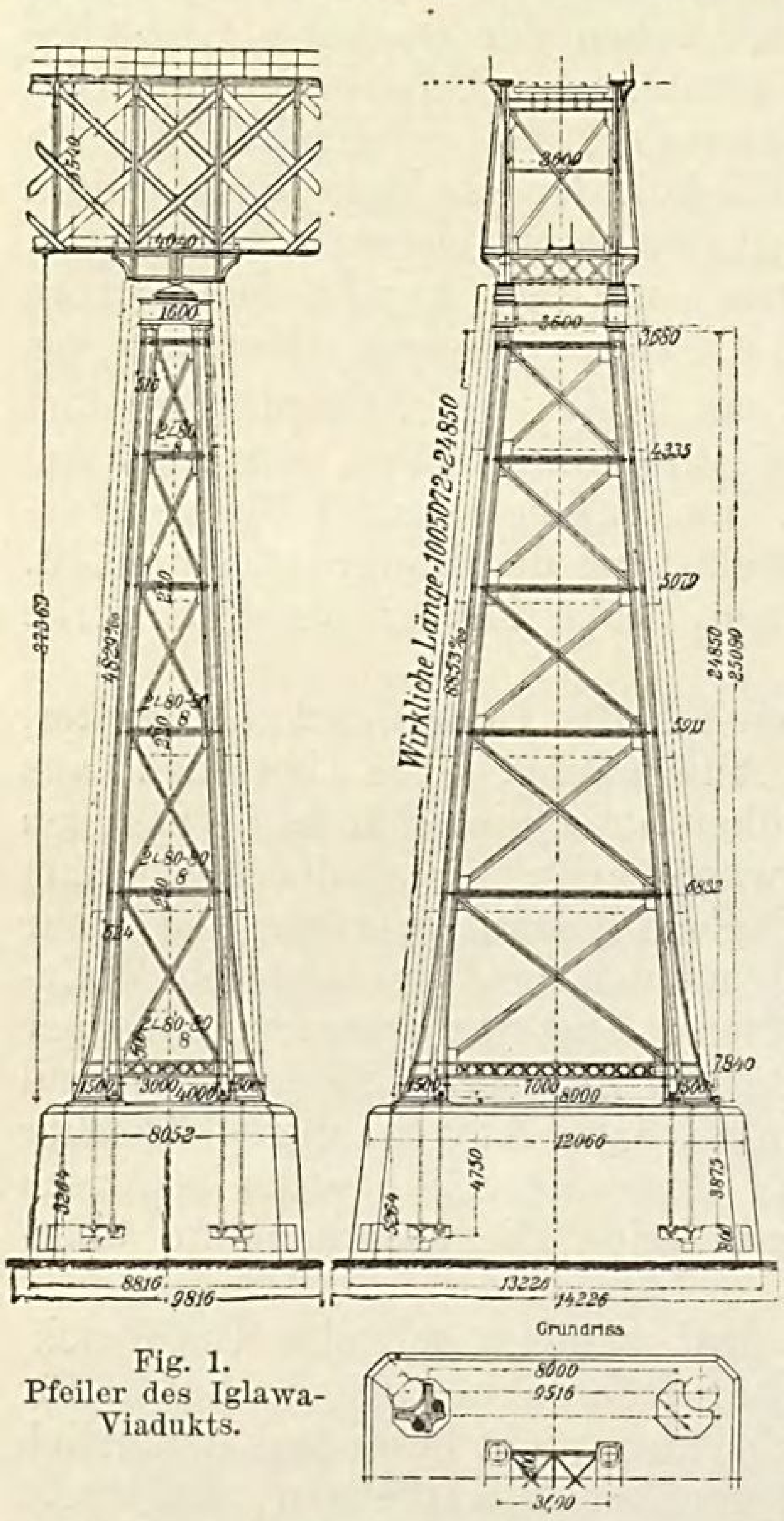


Fig. 1.
Pfeiler des Iglawa-Viadukts.

Die Gerüstpfeiler sind eine besondere Ausbildung der Turmpfeiler, welche insbesondere in Amerika, in neuerer Zeit aber auch bei uns Anwendung gefunden hat. Die vier einen Pfeiler zusammensetzenden Ständer stehen in zwei parallelen lotrechten und zur Brückenlängsaxe senkrechten Ebenen und sind unter einander wieder durch Horizontalriegel und Diagonalkreuze verbunden Quer zur Brückenaxe sind die Ständer geneigt, dagegen unterscheiden sich die Gerüstpfeiler von den obeliskartigen Turmpfeilern dadurch, dass sie in der Richtung der Brückenlängsaxe breiter sind, nach oben keine Verjüngung haben, daher den Ueberbau nicht bloss in einem Punkte stützen, sondern einer überspannenden Tragkonstruktion bedürfen. Die Ständer des Pfeilers sind ferner nicht wie dort auf einen zusammenhängenden Sockel gestellt,

sondern auf getrennte Mauerkörper, wobei sie bei abfallendem Terrain auch verschieden hoch sein können. Die Spannweiten werden bei Anordnung von Gerüstpfeilern, dem leichteren Pfeilerbau entsprechend, verhältnismässig klein gewählt. In grosser Zahl sind solche eiserne Gerüstbrücken (trestleworks) in Amerika zur Ausführung gekommen (Fig. 2); eines der bedeutendsten Bauwerke dieser Art ist der Peccos-Riverviadukt auf der Southern-Pacificeisenbahn mit Feldern von 11—20 m Spannweite und mit Gerüstpfeilern bis zu 100 m Höhe; ferner der Viadukt über den Loafluss in der schmalspurigen bolivischen Andenbahn mit Gerüstpfeilern von 9,75 m Breite und Zwischenfeldern von 24,4 m Spannweite bei einer grössten Höhe von 102 m. In Deutschland bestehen Gerüstpfeiler-Viadukte bei Mittweida (grösste Pfeilerhöhe 30,6 m, Spannweite der Zwischenfelder 25 m), und auf der sächsischen Schmalspurbahn Saupersdorf-Wölzschhaus; auch gelangen Gerüstpfeiler bei der Uebersetzung des Wupperthales bei Müngsten zur Ausführung.

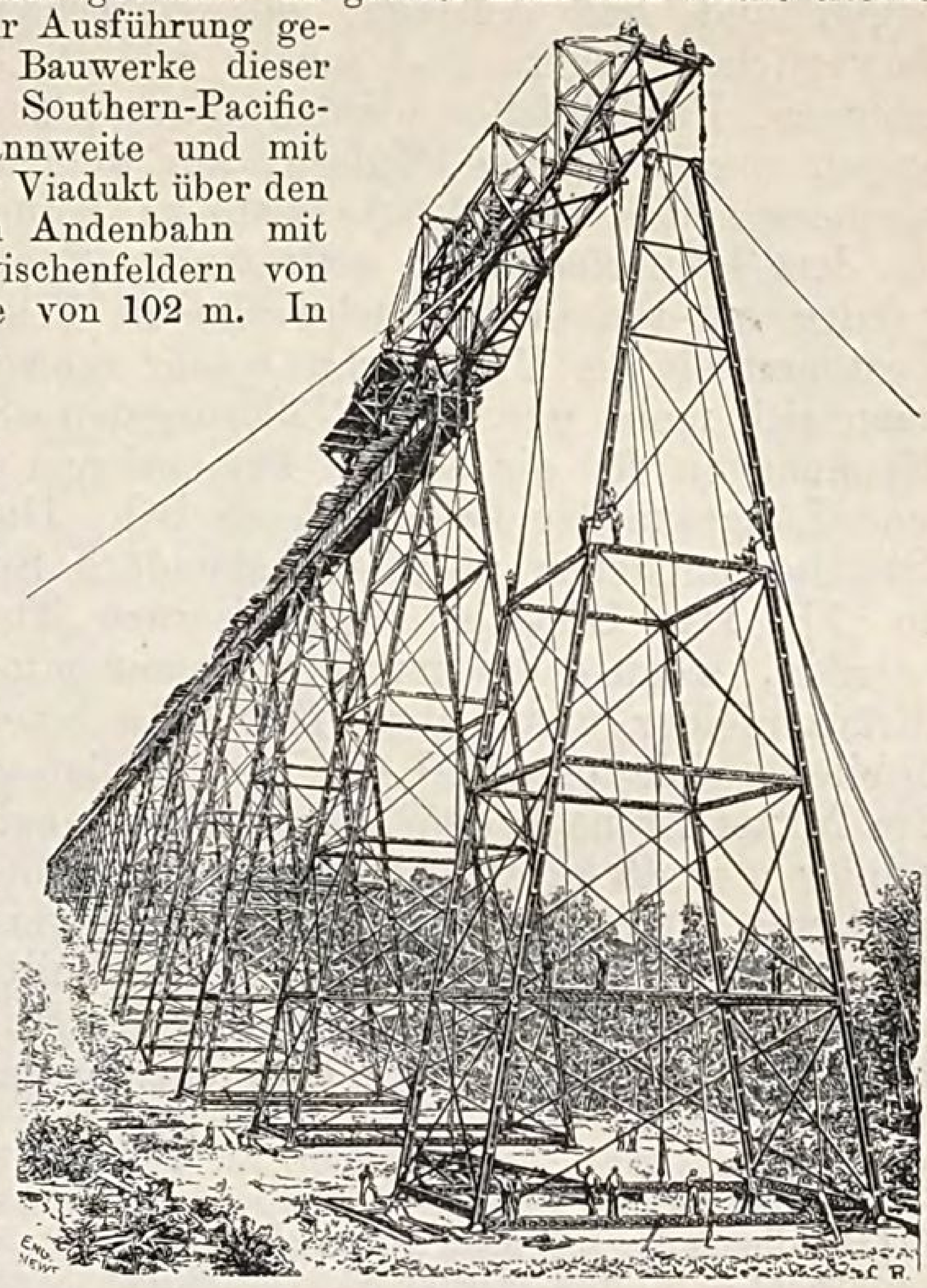


Fig. 2. Panther Creek Viadukt, Pennsylvania.

Die dritte Konstruktionsform der eisernen Fachwerkspfeiler, die **Wand- oder Pendelpfeiler** besteht bloss aus einer Reihe, meist nur zwei, in einer lotrechten und zur Brückenaxe senkrechten Ebene stehenden Stützen, die unter einander wieder durch eine Ausfachung verbunden sind. Um eine ungünstige Beanspruchung durch in der Brückenlängsaxe wirkende Kräfte zu verhindern, müssen die Ständer gelenkförmig gelagert werden und zwar entweder auf ein cylindrisches Kipplager, dessen Axe senkrecht zur Brückenaxe steht, oder auf ein Kuppellager. Natürlich ist auch die Auflagerung der Träger auf den Pfeilern mit Kipplagern durchzuführen. Auf den norwegischen Staatsbahnen bestehen mehrere derartige Bauwerke, so der Viadukt über das Solbergthal bei Thomter (Fig. 3), der Lysedal-, Barug- und Haabölviadukt. Auch in Sachsen sind in letzter Zeit mehrere Viadukte mit Pendelpfeilern auf den neuen Staatsbahnlinien zur Ausführung gekommen; der bedeutendste darunter ist der Viadukt über das Oschützbachthal mit 20 m hohen Pendelpfeilern.

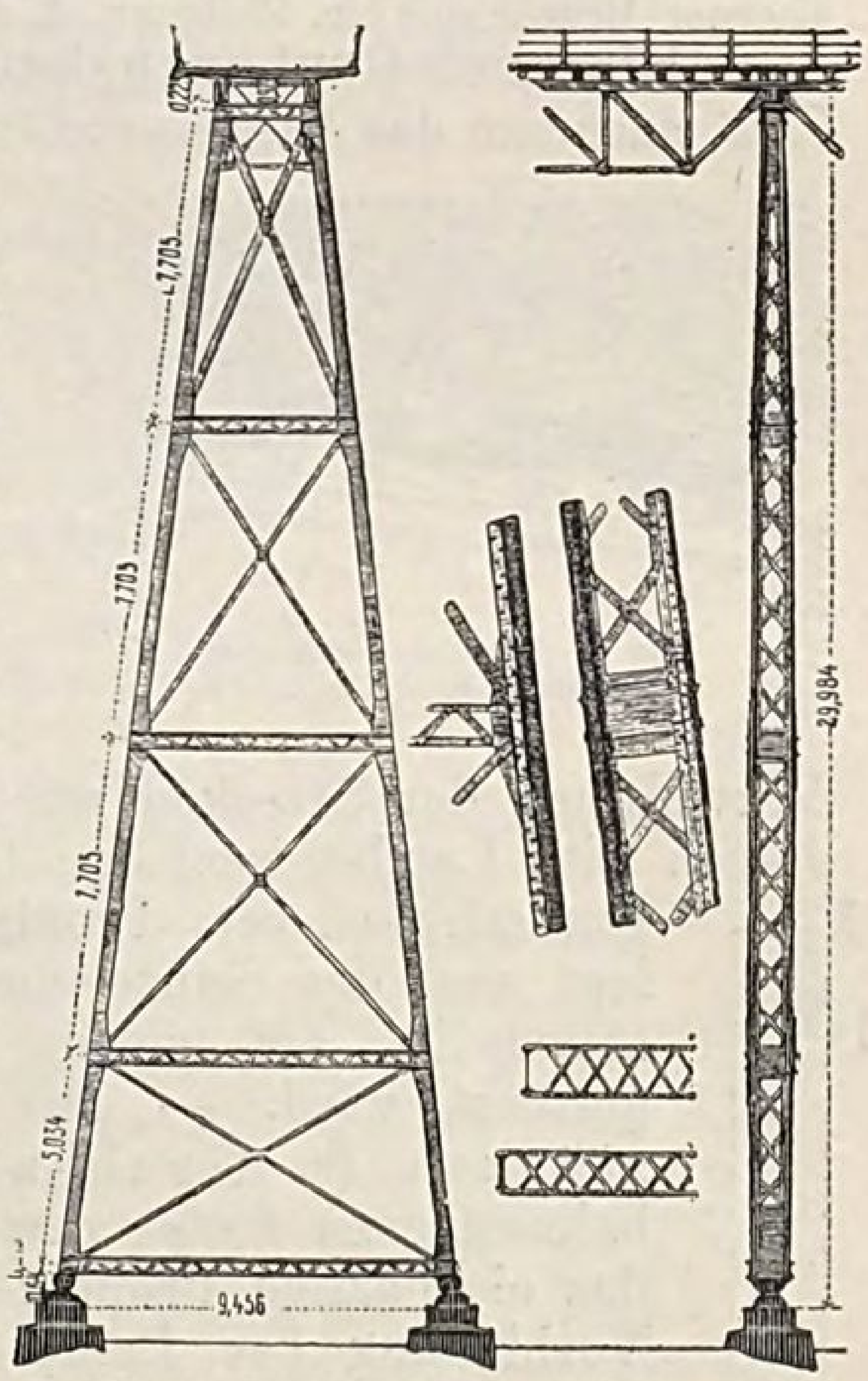


Fig. 3. Viadukt über das Solbergthal.

Die Pfeiler werden durch die lotrechten Drücke des aufgelagerten Ueberbaues, dann aber auch von Horizontalkräften beansprucht, welche im allgemeinen sowohl senkrecht zur Brückenaxe als auch in Richtung derselben wirken. Die quer zur Brückenaxe gerichteten Kräfte werden durch den Winddruck auf den Ueberbau und die auf der Brücke befindlichen Fahrzeuge sowie auch auf die Ansichtsfläche des Pfeilers, weiters aber auch, bei Eisenbahnbrücken, durch die Seitenschwankungen der Fahrzeuge hervorgerufen. Der Winddruck wird bei belasteter Brücke mit 150 bis 170 kg pro m^2 Anprallfläche eingeführt und zur Berücksichtigung der Seitenschwankungen an jeder Lokomotivaxe eine Horizontalkraft von etwa $^1/_7$ des Adhäsionsgewichtes angenommen. Diese Kräfte setzen sich in eine an der Pfeilerkrone angreifende Horizontalkraft und in ein Paar in den Auflagern des Ueberbaues wirkender Vertikalkräfte um. Nach der Längsaxe der Brücke übertragen sich auf den Pfeiler der Zugswiderstand, insbesondere aber Kräfte, die bei einem etwaigen Bremsen der Fahrzeuge auftreten, sowie der Widerstand, der sich einer Dilatation des Ueberbaues in den Auflagern entgegenstellt. Dagegen sind die auf die Stirnfläche des Zuges und der Tragkonstruktion sowie die Seitenfläche der Pfeiler geäusserten Winddrücke

meist geringfügig. Aber auch die von der Zugsbewegung und der Temperaturwirkung herrührenden Längskräfte sind in ihrer Grösse durch den Bewegungswiderstand der Auflager des Ueberbaues begrenzt. Bei Anwendung von beweglichen Lagern sind sonach von den Pfeilern nur kleine Längskräfte aufzunehmen, Pendelpfeiler werden von solchen Kräften gar nicht beansprucht, dagegen sind bei jenen Pfeilern, auf welche der Ueberbau fest gelagert ist, die obenerwähnten Längskräfte wohl zu berücksichtigen. Für die Ermittelung der in dem Pfeilerfachwerk auftretenden Spannungen sind die Turm- und Gerüstpfeiler als räumliche Fachwerke zu behandeln. Da aber bei statischer Unbestimmtheit die Untersuchung sehr schwierig und umständlich wird, so behilft man sich meist mit einer Näherungsberechnung und führt die Bestimmung der Spannungen für die ebenen Projektionen des Pfeilerfachwerks nach der Quer- und Längsaxe der Brücke durch [6]. Durch die Steifheit der durchgehenden Ständer entstehen überdies sekundäre Spannungen. Untersuchungen hierüber in [7]. Das Gewicht eines eisernen Turmpfeilers kann gleich $g\,l\,h$ gesetzt werden, wenn l die mittlere Spannweite der beiden vom Pfeiler getragenen Brückenfelder und h die Pfeilerhöhe bezeichnet. Die Grösse g ist sonach das Pfeilergewicht pro 1 m² der vom Pfeiler getragenen Aufrissfläche des Viaduktes. Im Mittel ist nach den ausgeführten eingleisigen Viadukten für Schmiedeeisenpfeiler $g = 45$ kg zu setzen, wogegen die älteren gusseisernen Turmpfeiler ein mittleres Gewicht von $g = 70$ kg aufweisen. Das gesamte Eisengewicht von Gerüstpfeiler-Viadukten kann durchschnittlich mit $g = 30 + 1000 : h - 1000 : L$ pro m² angesetzt werden, wenn h die mittlere Höhe, L die Gesamtlänge in m bezeichnet. Eingehendere Untersuchungen hierüber in [10].

Litteratur: [1] Nördling, Mémoire sur les piles en charpente métallique des grands viaducs, Paris 1864. — [2] Winkler, E., Vorträge über Brückenbau (eiserne Pfeiler), Wien 1872. — [3] Heinzerling, Brücken der Gegenwart, 1. Abt., Heft 6 (eiserne Viadukte) Leipzig 1887. — [4] Handbuch der Ingenieurwissenschaften, Bd. 2, 5. Abt., Kap. 15, Leipzig 1889 (mit Litteraturnachweis). — [5] Röll, Encyklopädie des Eisenbahnwesens, Viadukte, Wien 1895. — [6] Winkler, E., Theorie der Gitterpfeiler, Wien 1872. — [7] Allievi, L., Inneres Gleichgewicht der Pfeiler aus Metallkonstruktion, deutsch von R. Totz, Wien 1888. — [8] Schön, Ueber Schraubenpfahlbauten, Zeitschr. d. österr. Ingen.- u. Arch.-Vereins, 1888. — [9] Pressler u. Krüger, Der eiserne Pendelpfeilerviadukt bei Weida, Civil-Ing., 1887. — [10] Engesser, Ueber das Eigengewicht schmiedeeiserner Brückenpfeiler, Zeitschr. d. Arch.- u. Ingen.-Vereins zu Hannover 1894, S. 319. *Melan.*

Eiserner Grubenausbau, oder kürzer Eisenausbau, vertritt in neuerer Zeit, nachdem das Eisen wohlfeiler geworden ist, die Grubenzimmerung (s. d.) namentlich dort, wo diese leicht fault. Sehr starker Gebirgsdruck verbiegt auch starken Eisenausbau, dessen Entfernung behufs Erneuerung schwierig ist; auch ist zu berücksichtigen, dass Eisenausbau durch saure Grubenwasser schnell zerstört wird. Besonders häufig wird die beim Firstenbau (s. d.) nötig werdende Verwahrung der Streckenfirste in Eisen ausgeführt; als Stempel K (s. Fig. 1) dienen alte Landeseisenbahnschienen, darüber werden als Verzug v Schienen von schwächerem Profil, z. B. Grubenschienen gelegt und das Ganze durch flache Gesteinstücke c abgedeckt, auf welche dann der Bergeversatz B gestürzt wird. — Die Herstellung von Thürstöcken (s. Grubenzimmerung) aus Eisenbahnschienen findet zuweilen statt, doch erschwert das eigenartige Profil der Kopfschienen die sichere Verbindung der Beine oder Stempel S mit der Kappe K; Fig. 2 zeigt eine Verbindung durch Winkellaschen l, Fig. 3 eine andere Verlaschung, bei der die zur Verbindung nötigen ebenen Flächen dadurch hergestellt werden, dass vom Schienenkopf und Schienenfuss Teile durch Abschroten entfernt sind. — Häufig

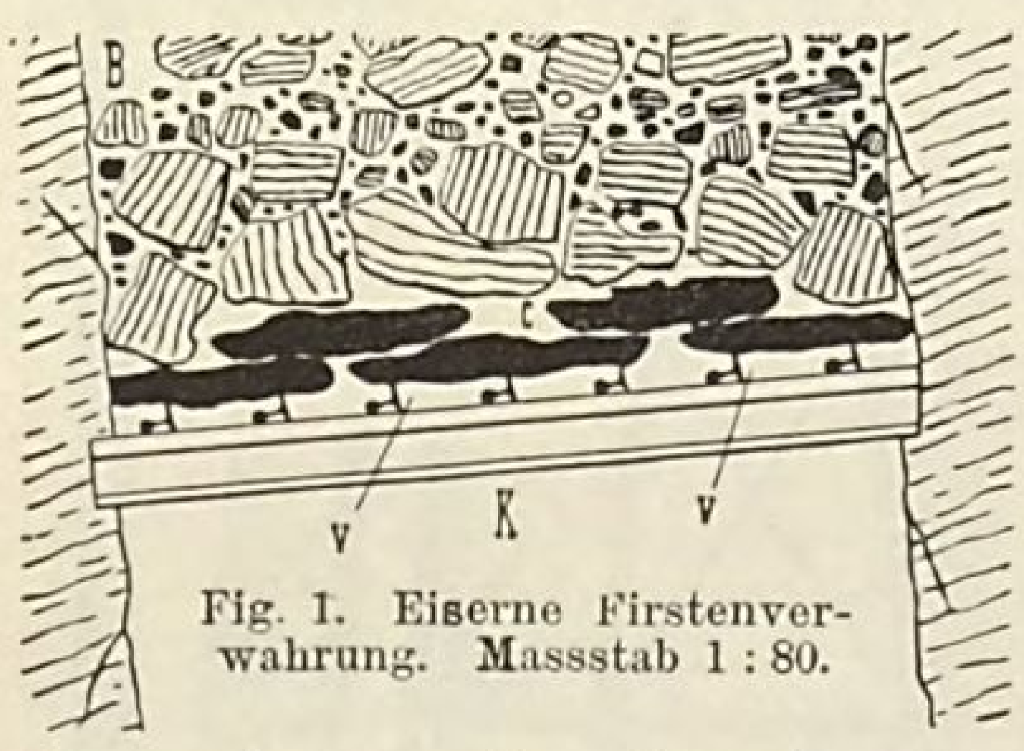


Fig. 1. Eiserne Firstenverwahrung. Massstab 1 : 80.

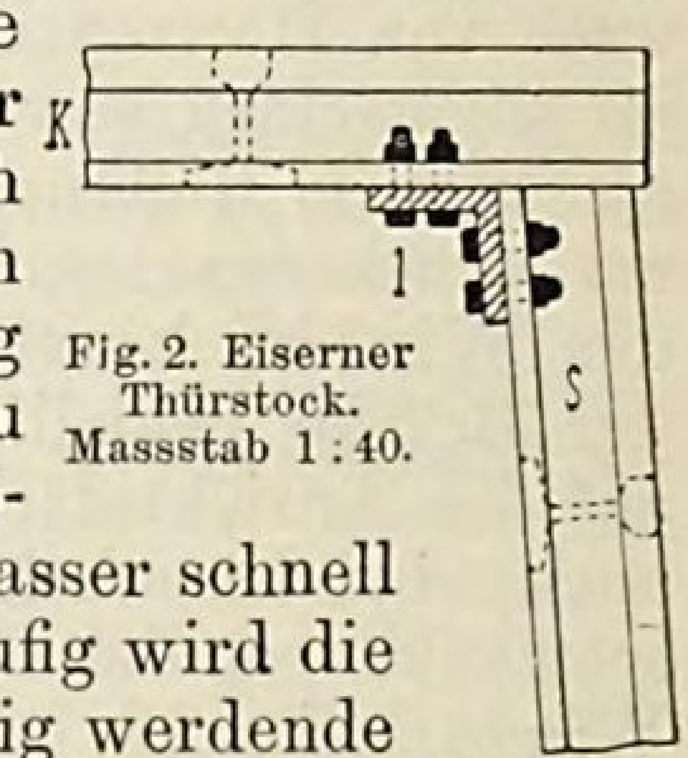


Fig. 2. Eiserner Thürstock. Massstab 1 : 40.

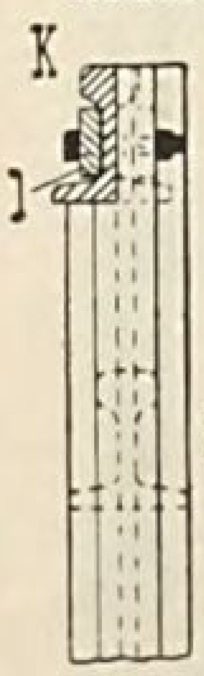


Fig. 3. Eiserner Thürstock. Massstab 1 : 40.

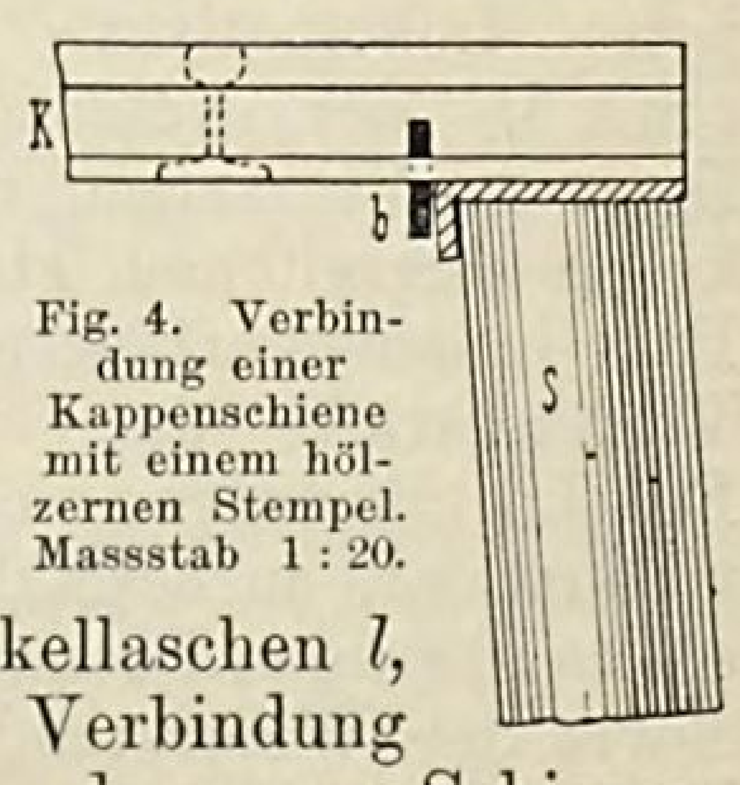


Fig. 4. Verbindung einer Kappenschiene mit einem hölzernen Stempel. Massstab 1 : 20.

findet man Thürstöcke, deren Kappen aus Eisenbahnschienen, die Stempel dagegen aus Rundholz bestehen (vgl. Fig. 4). Um den Druck der Kappenschiene *K* gleichmässig auf die ganze Holzstärke des Stempels *S* zu übertragen, werden eiserne Unterlagsscheiben angewendet, die an der Innenseite des Stempels umgebogen sind. Bei Seitendruck legt sich der Stempel gegen diesen umgebogenen Lappen und stützt sich mittelst dieses gegen zwei starke Eisenbolzen *b*, welche zu diesem Zwecke in Bohrungen des Schienenfusses eingetrieben werden. — Durch den Gebirgsdruck verbogene Kappenschienen werden über Tage in Oefen erhitzt und auf einem grossen Amboss für erneute Verwendung wieder gerade gerichtet. — Da, wo der Eisenausbau in grösserem Umfange Anwendung findet, werden Baue aus Doppel-T-Eisen oder U-Eisen fertig abgepasst nebst sämtlichem Zubehör von den Eisenwalzwerken bezogen. Sie bestehen aus einzelnen Bogenstücken; die Verbindung erfolgt stets durch Verlaschung, nachdem Versuche mit Muff-Verbindungen keinen Erfolg hatten. Für **Streckenausbau** dienen entweder die offenen oder die geschlossenen Streckengestelle, letztere auch **Ellipsen** genannt (s. Fig. 5 und 6). Die Verlaschung ist beim Doppel-T-Eisen ähnlich wie bei den Landeseisenbahnschienen, bei dem U-Eisen werden die Laschen *l* in die hohle Seite eingelegt. Der Verzug *v* liegt wie bei den hölzernen Thürstöcken hinter den Bauen oder wird wohl auch bei dem Doppel-T-Eisen in die Schienenhälse eingebracht. **Schächte**, welche in Eisen ausgebaut werden sollen, erhalten am zweckmässigsten kreisrunden Querschnitt.

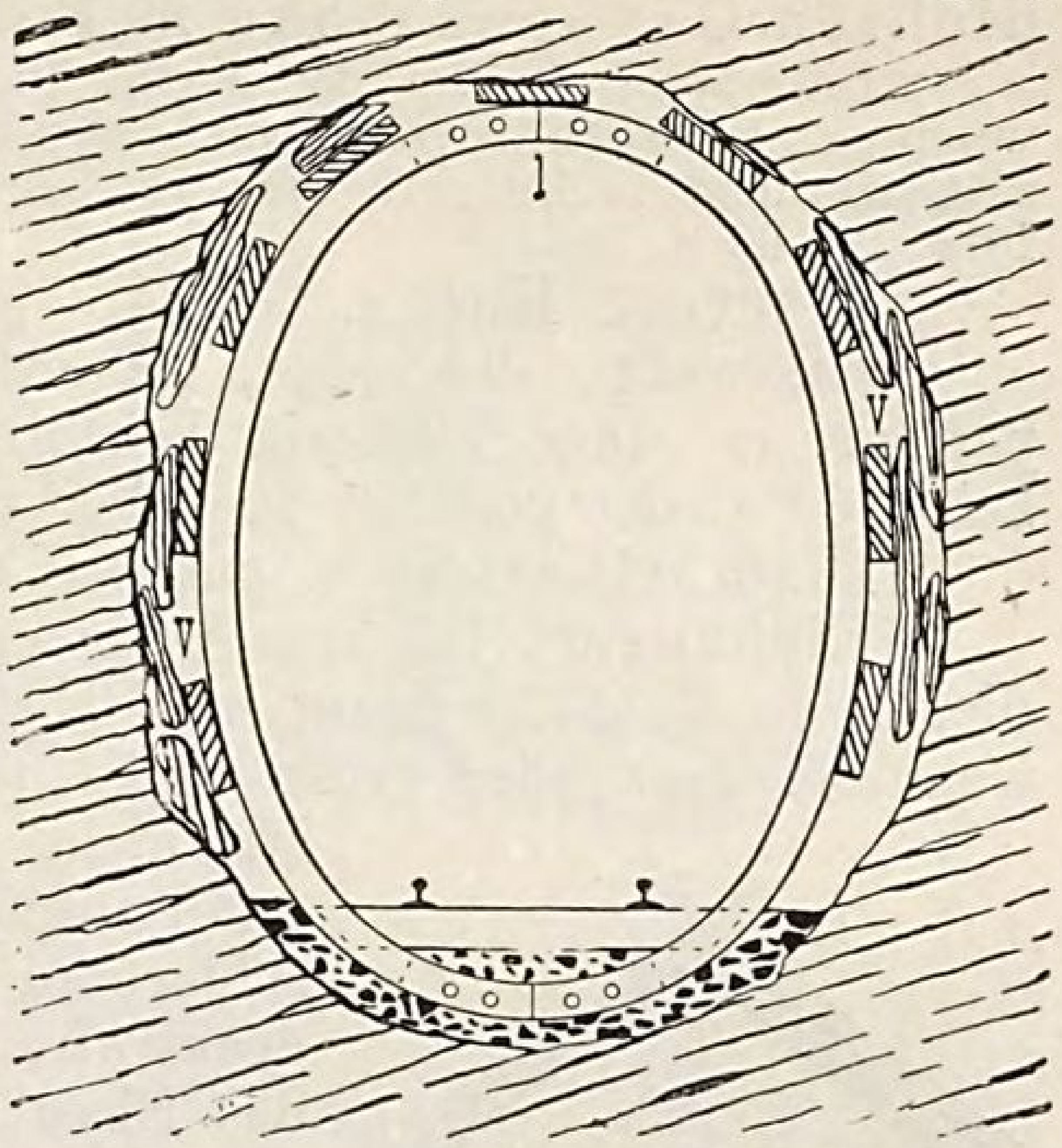


Fig. 5. Geschlossenes Streckengestell (Ellipse). Massstab 1 : 80.

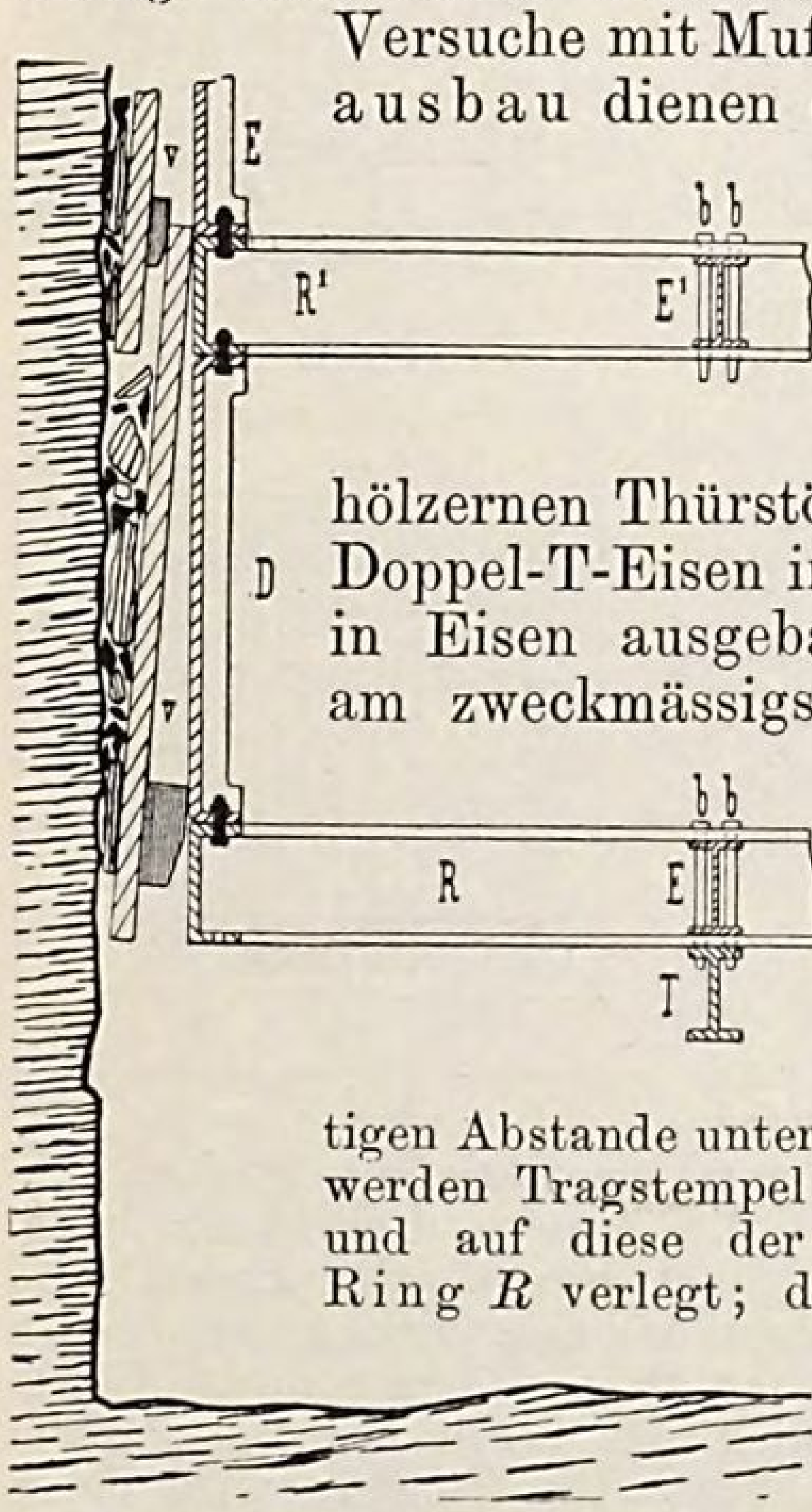


Fig. 7. Schachtausbau in Eisen mit Verzug von Eichenholz. Senkrechter Schnitt. Massstab 1 : 60.

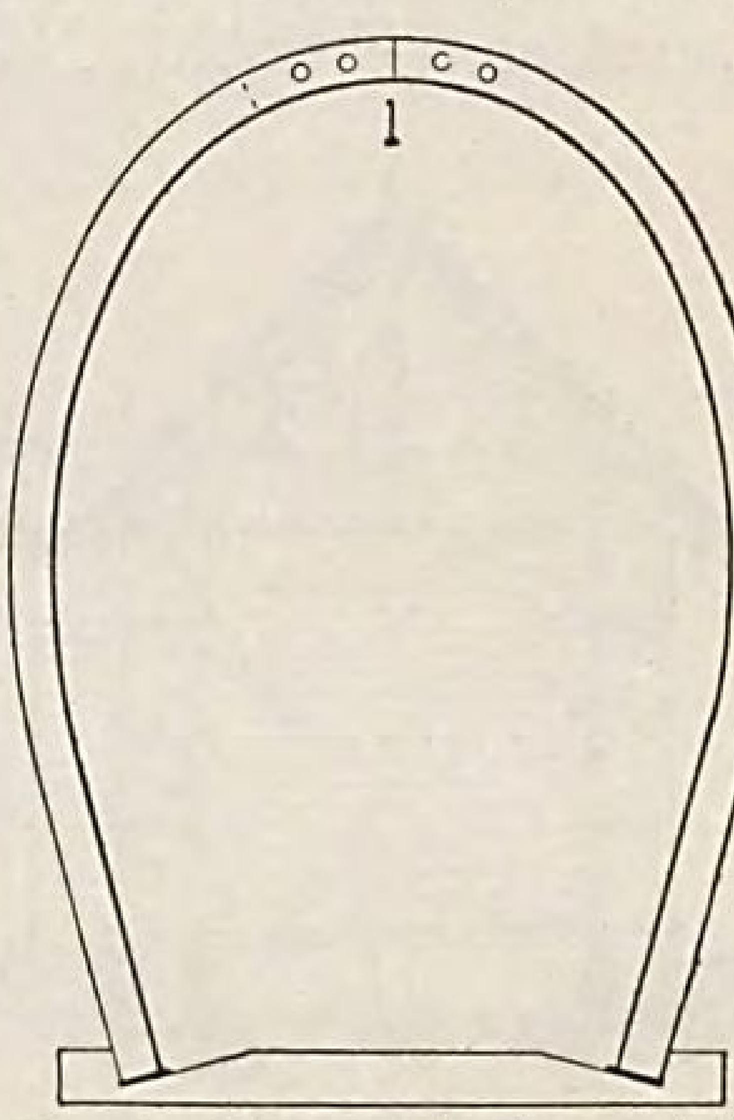


Fig. 6. Offenes Streckengestell. Massstab 1 : 80.

Fig. 7 erläutert den eisernen Schachtausbau, wie derselbe mit unwesentlichen Abweichungen jetzt üblich ist [1]. Gewöhnlich kann man den Schacht 3 — 5 m abteufen und baut diesen Teil auf einmal in Eisen aus. Im richtigen Abstande unter dem bereits vorhandenen Ausbau werden Tragstempel *T* in die Schachtstösse eingebühnt und auf diese der unterste **Schachtkranz** oder **Ring** *R* verlegt; dieser besteht aus U-Eisen und ist je nach der Eisenstärke derart in Teile zerlegt, dass jeder Teil durch die Mannschaft bequem gehandhabt werden kann. Die einzelnen Teile werden durch Laschen und Steckbolzen verbunden und der Ring sodann nach dem im Schachtmittel hängenden Lote genau zentrisch gegen die Schachtstösse durch Keile, Spreizen oder dergl. festgelegt. Sodann werden die Einstriche *E* aus Doppel-T-Eisen zur Einteilung des Schachtes, im U-Eisen der Ringe mittelst Steckbolzen *b* und die am Ende umgebogenen Bolzen *D* aus U-Eisen auf dem Ringe durch Schraubenbolzen befestigt, auf diese der zweite Ring R_1 verlegt und so durch weiteren Aufbau der Anschluss an den schon ausgebauten Schachtteil endlich mittelst der letzten Bolzen erreicht. Zuletzt wird der Verzug *v*, welcher, wie in der Figur 7 angedeutet, aus eichenen Bohlen, zuweilen aus starkem Eisenblech besteht, hinter den Ringen eingebracht, um die Schachtstösse zu verkleiden. Die Leitungen für die **Schachtförderung** (s. d.), auch die Bühnen und Fahrten für die **Fahrung** (s. d.) werden z. T. ebenfalls aus Eisen hergestellt.

Gerade beim Schachtausbau in Eisen kommen dessen besondere Vorzüge zur Geltung: geringer Raumbedarf, schnelle Herstellung, lange Dauer und ver-

hältnissmässig nicht hohe Kosten. Der Preis für den Eisenausbau eines runden Schachtes von 5 m Durchmesser im Lichten beträgt einschliesslich der Löhne für den Einbau etwa 400 *M.* auf 1 m Schachttiefe. — Ueber den wasserdichten Grubenausbau in Eisen s. besond. Artikel.

Litteratur: Zu vgl. die Werke über Bergbaukunde. — [1] Wenderoth, Ueber die Verwendung von Schmiedeeisen beim Grubenausbau in dem Bezirke der Königl. Bergwerksdirektion zu Saarbrücken; Zeitschrift für das Berg-, Hütten- u Salinenwesen im Preussischen Staate 1878, Bd. 26 S. 290. *Treptow.*

Eiserner Hut, s. Gang.

Eisessig, die reine, wasserfreie Essigsäure, welche bei niedriger Temperatur zu einer blätterig kristallinischen Masse erstarrt, bei 16,7° schmilzt, bei 118° siedet und bei 20° das spez. Gew. 1,0497 besitzt; s. Essigsäure.

Eisfabrikation, s. unter Kälteerzeugungsmaschinen.

Eishäuser. Die zum Aufbewahren von Eisvorräten in der heissen Jahreszeit dienenden Behälter nennt man Eishäuser, wenn sie über der Erde, Eiskeller, wenn sie ganz oder grösstenteils unter der Erde liegen, Eismieten, wenn das Eis nicht in festen Gebäuden untergebracht, sondern nur mit schlechten Wärmeleitern zugedeckt wird. Die gute Erhaltung des Eises erreicht man durch Verminderung der Oberfläche, also kompakte Form, Umgebung mit schlechten Wärmeleitern, Ableitung des Schmelzwassers, Anordnung des einzigen Zuganges mit doppeltem Verschluss von oben her, damit die kalte Luft nicht entweichen kann, und Schutz gegen Sonnenstrahlen durch Anpflanzungen. Die Eisbehälter sollen Gelegenheit zur kühlen Aufbewahrung von Wirtschaftsvorräten (Fleisch, Butter, Getränke u. dergl.) bieten und die bequeme Entnahme von Eis für den Wirtschaftsbetrieb, namentlich die Molkereien, gestatten.

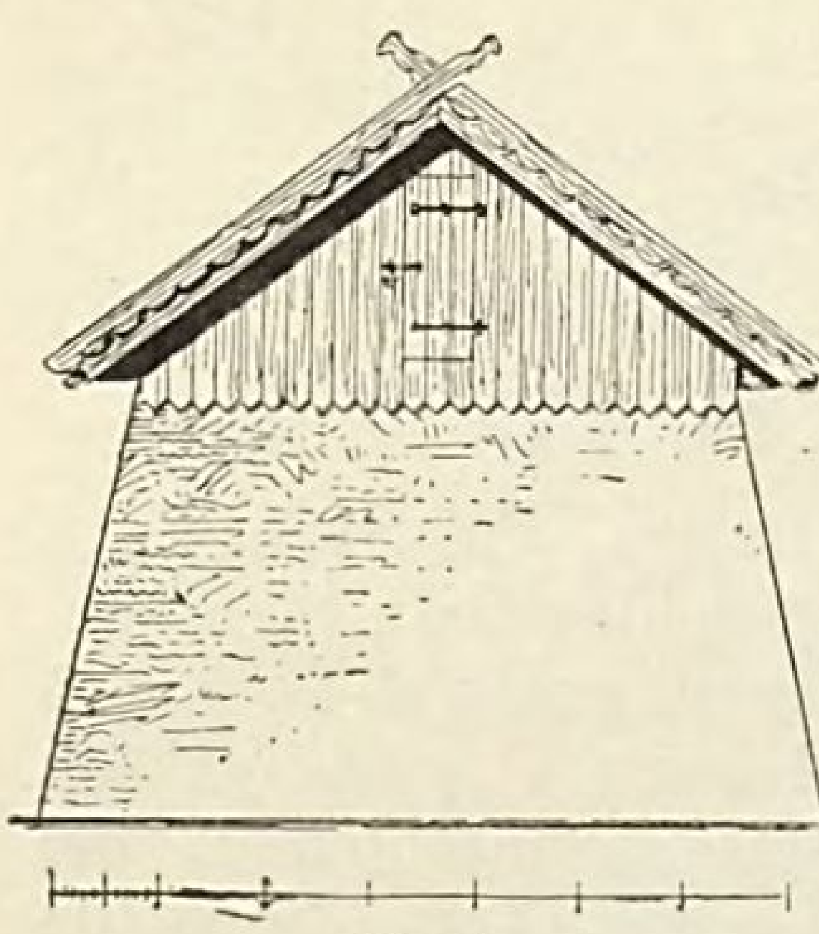


Fig. 1.

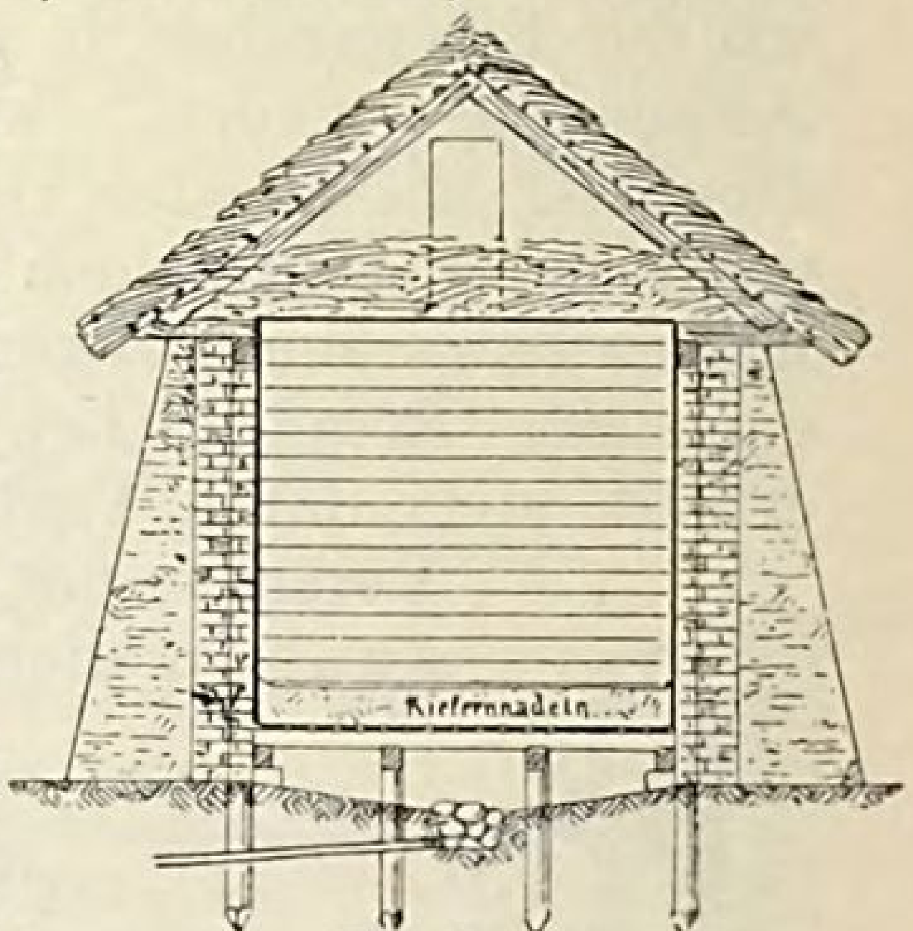


Fig. 2.

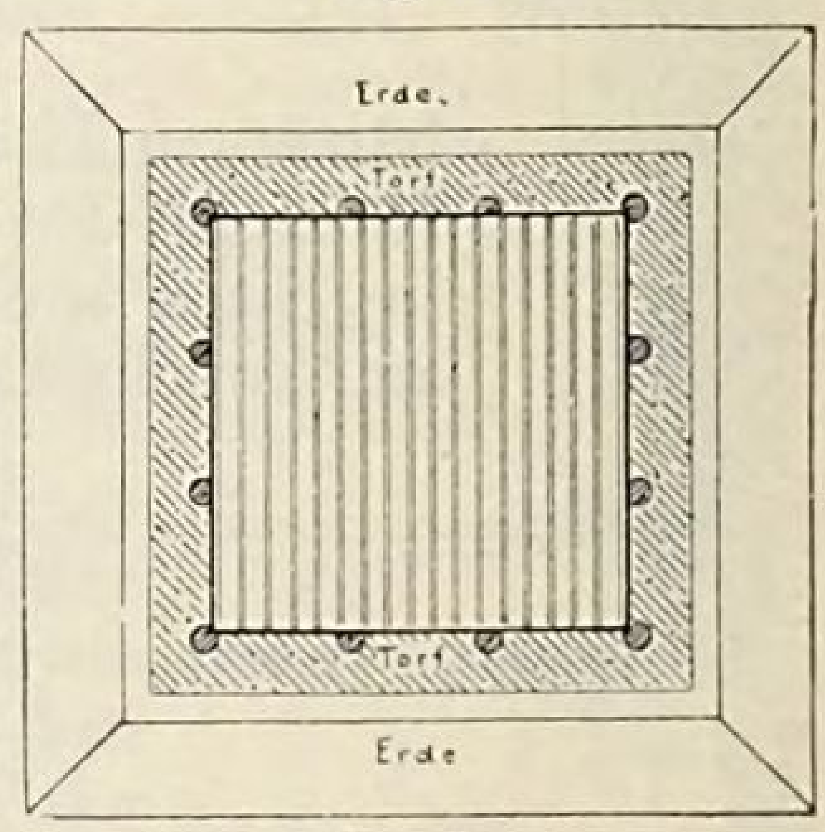


Fig. 3.

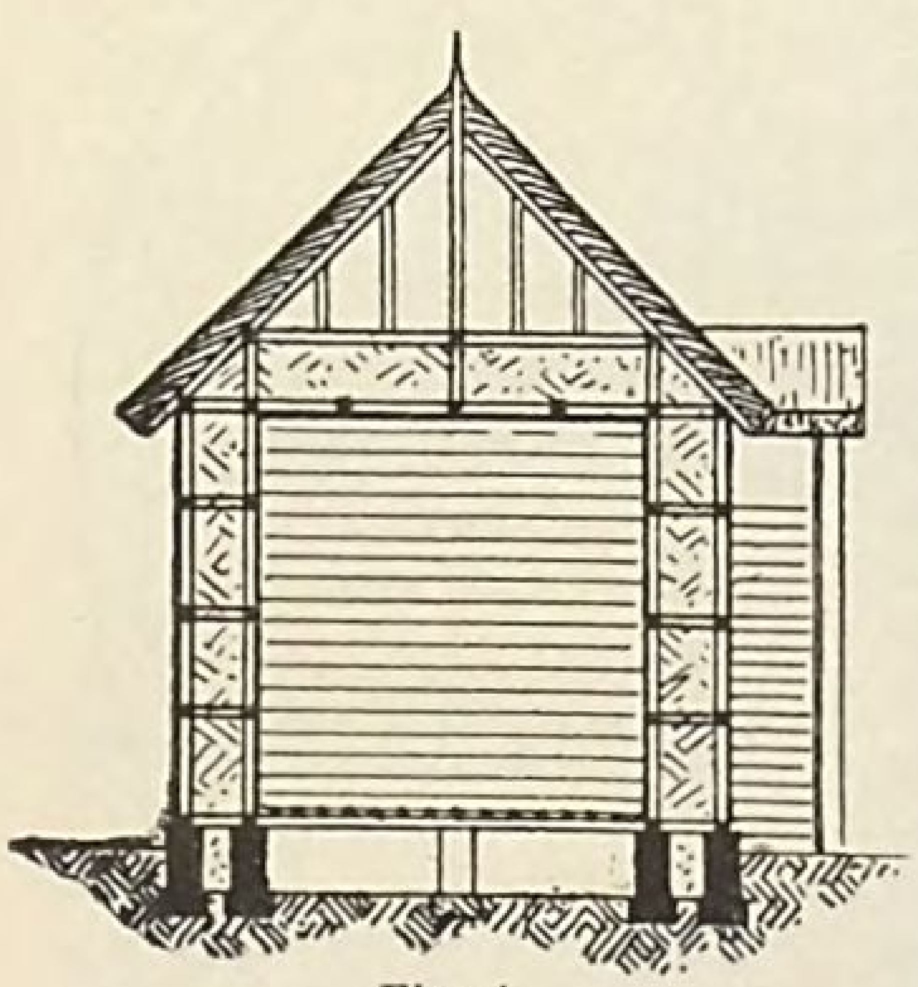


Fig 4.

Das Beispiel eines kleineren ländlichen Eishauses stellt Fig. 1—3 dar. Ein leichter Holzbau mit eingerammten runden Pfosten wird innen mit Holz verschalt, aussen 60 cm stark mit trocken versetzten Torfziegeln umkleidet. Die äussere Umhüllung bildet eine Packung von Erde (Lehm) und Rasen. Der Boden wird durch eine hohl liegende Balkenlage und eine Dielung mit breiten Fugen gebildet. Darüber liegt eine 25 cm starke Schicht Kiefernadeln. Die Decke wird reichlich mit Stroh bedeckt und das Ganze durch ein Rohrdach geschützt. Der Eingang wird durch eine mit Klappe verschliessbare Deckenöffnung und eine mittelst Leiter erreichbare Giebelluke an der Nordseite vermittelt.

Eismagazine in der Nähe grösserer Städte werden durch eine Anzahl langer Eishäuser gebildet, die mit solchen Zwischenräumen parallel neben einander gestellt werden, dass genügend breite Durchfahrten zur Anfuhr des Eises frei bleiben.

Fig. 4 veranschaulicht die bei dem Bau zu befolgenden Grundsätze. Holz bildet das Hauptbaumaterial. Doppelte Riegelwände mit 1,0 bis 1,3 m Abstand von einander werden verschalt und der Zwischenraum mit schlechten Wärmeleitern, trockener Torferde, Kiefernadeln, Moos, Asche oder dergl. ausgefüllt. Den Boden bildet ein hölzerner Rost, der das Schmelzwasser in einen darunter liegenden Hohlraum abtropfen lässt. Das Dach wird 40 cm stark mit Stroh oder Rohr gedeckt. Der Zugang zum Innern liegt dicht unter der Decke, wohin eine Treppe oder auch eine Gleitbahn zum Heben und Niederlassen der Eismassen führt. *v. Tiedemann.*

Eiskeller oder Eisgruben werden meist massiv erbaut. Man wählt gern die kreisrunde Form, weil diese am besten dem Erddruck widersteht und

mit dem kleinsten Umfang den grössten Raum umschliesst. Weil aber Steine gute Wärmeleiter sind, legt man eine nicht zu schmale Luftschicht im Mauerwerk an und verkleidet dieses auch wohl mit Brettern, oder man bringt zwischen Stein und Eis eine Strohlage ein. Für Abführung des Schmelzwassers ist auch hier zu sorgen.

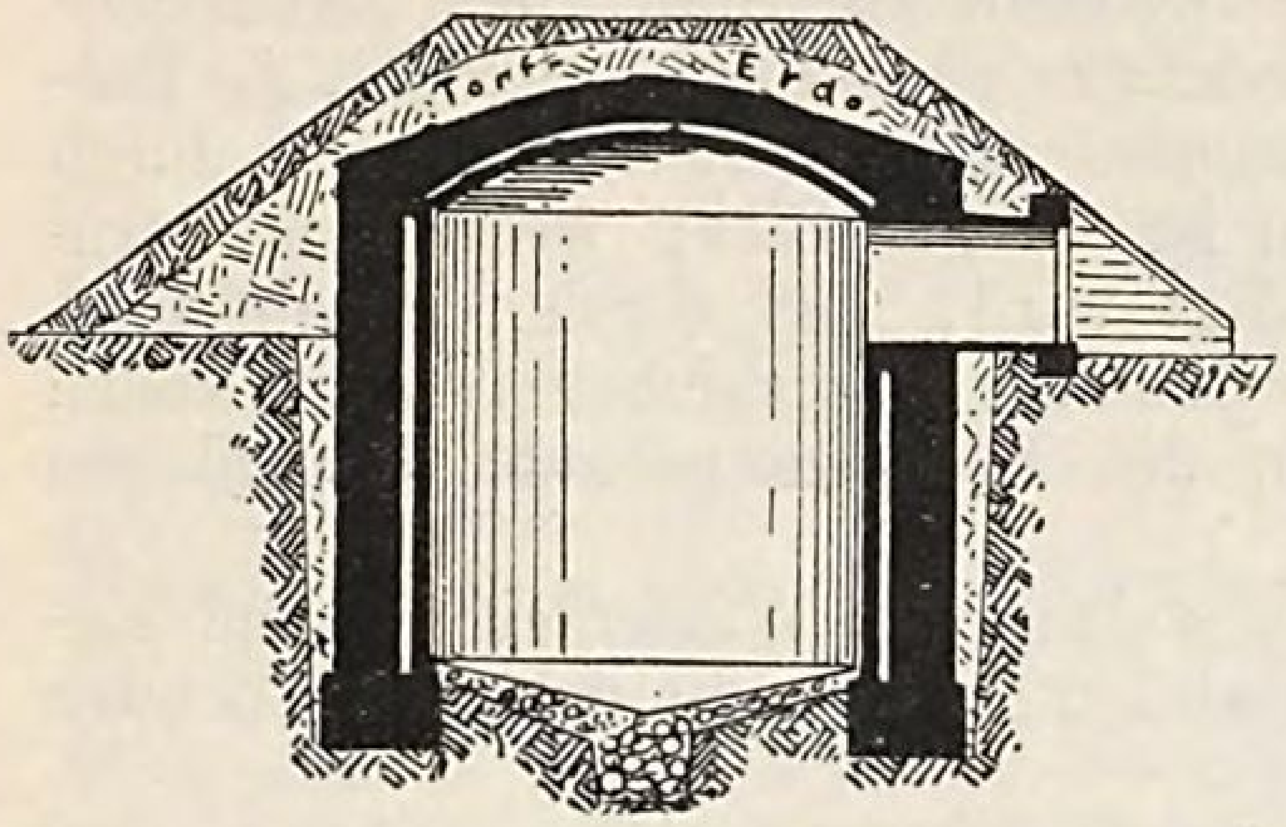


Fig. 2.

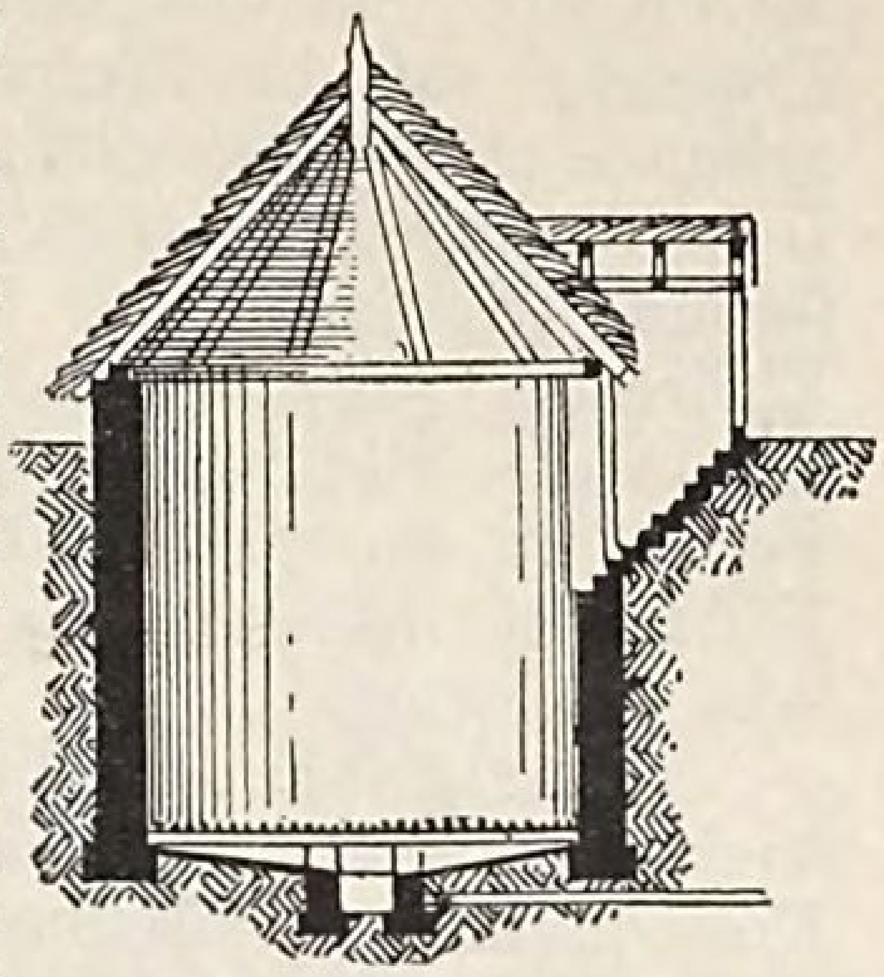


Fig. 1.

Fig. 1 stellt den Durchschnitt eines einfachen massiven Eiskellers runder Grundform dar. Den Boden bildet ein hölzerner Rost, unter dem der Wasserabfluss, nötigenfalls durch eine Rohrleitung, bewirkt wird. Das Dach ist ein Rohrdach. Der Zugang geht durch eine kleine Vorhalle mit zwei Thüren. Die innere Thür wird nach jedesmaliger Benützung durch einige Bunde Stroh wohl verpackt. — Ein Eiskeller ohne Holz, also von grösserer Dauer, wird Fig. 2 mitgeteilt. Das Dach wird durch ein doppeltes, mit Torferde überschüttetes Gewölbe ersetzt. Auch die Mauern sind mit Luftschicht hergestellt und mit Torferde hinterfüllt. Die Vorhalle liegt zwischen massiven Flügelmauern. Die Sohle wird durch eine das Schmelzwasser abführende Steinpackung gebildet, auf der eine Schicht Stroh oder Kiefernadeln die Unterlage des Eises bildet. *v. Tiedemann.*

Eisklüfte, s. Nutzhölzer.

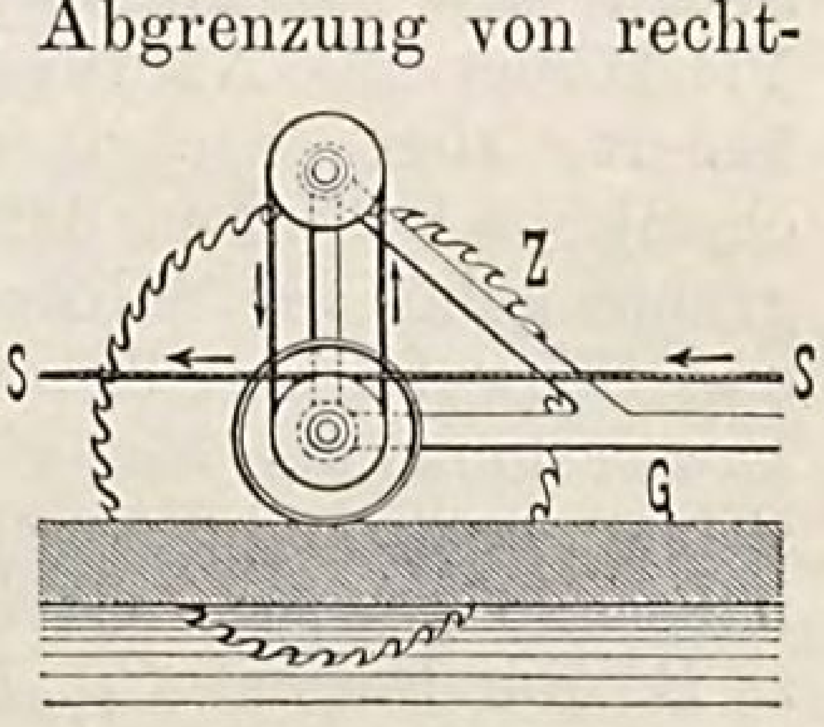
Eismaschinen, s. Kälteerzeugungsmaschinen.

Eismieten sollen in ähnlicher Weise das Eis gegen Wärme schützen wie Kartoffel- und Rübenmieten die Wurzelfrüchte gegen Kälte. Auf Unterlage einer starken Strohschicht packt man einen runden Eishaufen und deckt diesen mit einer Strohlage, darüber Torferde, im ganzen 0,7 bis 1,0 m stark ab. Das Eis hält sich in der Miete gut; es muss aber bei jeder Eisentnahme die Deckung durchbrochen und wieder hergestellt werden. Dabei fällt leicht Erde zwischen das Eis und verunreinigt es; auch fehlt die Gelegenheit, Vorräte im Eisraum aufzubewahren. Um diesem Uebelstande abzuhelfen, hat man gewölbte Kühlräume unter der Eismiete angeordnet, die durch die Kühlung von oben her auf eine Temperatur von 3 bis 4° R. erhalten werden und sich zur Aufbewahrung von Vorräten wohl eignen.

Litteratur: Deutsche landwirtschaftliche Presse, 7. Jahrg., Nr. 28. *v. Tiedemann.*

Eispapier ist ein sogen. Kristallisationspapier, an dessen Oberfläche durch Kristallisiren einer aufgestrichenen chemischen Flüssigkeit Kristallfiguren hergestellt sind. Wenn im Ueberzug Bleizucker enthalten ist, ist derselbe giftig. S. Buntpapierfabrikation und Buntpapiersorten.

Eispflüge sind ganz ähnlich konstruirt wie gewöhnliche Pflüge und dienen zum Einreissen von Rinnen in glatte Eisflächen behufs Abgrenzung von rechtwinkeligen Flötzen, die gewöhnlich aus ca. 100 rechteckigen Tafeln von 600 bis 900 mm Seitenlänge bestehen und als Flötze maschinell an das Ufer gezogen werden. Dampfeispflüge werden durch eine Lokomobile vom Ufer aus mittelst Seiles S betrieben, wie aus nebenstehender Figur ohne weiteres ersichtlich ist. Sie schneiden mit der Zirkularsäge Z die Eisdecke durch und werden an der Gabel G durch einen Arbeiter dirigirt, im übrigen schon durch das Triebseil in gerader Linie gehalten. Durch Längenschnitte und Querschnitte trennt man auf diese Weise rechteckige, für den Eishandel ihres guten Aussehens und der leichten Handhabung wegen besonders geeignete Platten ab, welche ebenfalls maschinell zum Ufer angeholt werden.



Eisschrank, s. Kühlvorrichtungen.

Eisschutz (Eisstopfung, Eisversetzung), entsteht durch Uebereinanderschieben und Aneinandergefrieren von Eisschollen in Strömungen (Flüssen) in

dem Falle, in welchem Untiefen, Brücken, Stauwerke etc. das Abtreiben des Eises verhindern. Ist die Decke gebildet, so kann das flüssige Wasser nur noch zwischen der Decke und der Flusssohle ablaufen, bewegt sich also in einer Art Röhre und übt insbesondere dann, wenn die Wassermenge zunimmt, eine Pressung auf die Eisdecke aus, welche diese zu heben sucht. Können die gehobenen Schollen nicht weiter treiben, so entsteht ein Stau, der gefährliche Ueberflutungen im Gefolge haben kann, welchen man durch rechtzeitige Entfernung (Sprengen der Eisdecke und Eisschütze oder Lösen des Eises durch Eisbrecher) vorzubeugen sucht. Am besten ist es natürlich, wenn zum vornherein die Bildung von Eisschützen verhindert wird, was durch fortwährendes Freihalten einer Bahn für den Abtrieb der Schollen zu erreichen ist. In vielen Fällen ist indessen diese Arbeit durch in den Fluss eingebaute Stauanlagen sehr erschwert.

Eissignal. Es dient dazu, Schiffen, welche zur Winterzeit in dem Zufrieren ausgesetzte Häfen bezw. Seegebiete einlaufen, über die dort herrschenden Eisverhältnisse Aufschluss zu geben.

Das Signal ist kein einheitliches. Meist wird es in der Weise gegeben, dass tags über von den nächsten Leuchttürmen an einer bestimmten Stelle ein Ball oder eine Flagge gezeigt wird und nachts die zur Einsegelung in die Häfen dienenden Feuer nicht angezündet werden, sobald die Passage unmöglich bezw. sehr erschwert ist. An anderen Orten wieder deuten besondere, ausser dem eigentlichen Feuer von den Leuchttürmen gezeigte Lichter an, dass die Feuerschiffe der Gegend eiseshalber eingezogen sind. *v. Niessen.*

Eiswolle, zu Strick- und Häkelarbeiten verwendete lange, glänzende, der Mohairwolle ähnliche Wolle.

Eiszeit, s. Diluvium.

Eiweissleim (Kleberleim), ein durch kurze Gärung veränderter Kleber (s. d.), dient als Leimersatzmittel. Zu seiner Darstellung lässt man feuchten Kleber bei einer 25° nicht übersteigenden Temperatur so lange gären, bis er flüssig geworden ist. Alsdann wird die flüssige Masse in Formen gegossen und zunächst in diesen bei 25—30° getrocknet. Wenn die erhaltenen Täfelchen oberflächlich hart geworden sind, werden sie aus den Formen herausgenommen und dem völligen Austrocknen überlassen. — Der Eiweissleim wird zum Leimen von Holz, Leder, Papier u. s. f., als Kitt für Porzellan, Steingut, Glas, zum Klären von Flüssigkeiten, zur Appretur und als Beize in der Färberei und Druckerei verwendet. *W. Kerp.*

Eiweisspapier, auch Albuminpapier, ein surrogatfreies, feines, auf einer Seite mit einer Schichte von Eiweiss versehenes harzgeleimtes Papier, welches zur Aufnahme photographischer Bilder verwendet wird. S. Papiersorten.

Eiweissstoffe, Albuminstoffe — früher auch Albuminate oder Proteïnstoffe genannt, — eine grosse Gruppe von organischen Substanzen, welche den wesentlichsten Bestandteil der tierischen und pflanzlichen Zelle bilden. Die Eiweissstoffe werden ausschliesslich von den Pflanzen erzeugt und finden sich namentlich in den Samen derselben. Bei ihrer Einführung in den Tierkörper als Nahrungsmittel werden sie durch den Stoffwechsel zwar verändert, aber anscheinend nur in geringem Masse. — Ausführliches über das chemische Verhalten der Eiweisskörper s. [1]. An der Bildung der zur Eiweissgruppe gehörigen Substanzen sind Kohlenstoff, Wasserstoff, Stickstoff, Sauerstoff und Schwefel beteiligt. Ueber die jedenfalls sehr komplizirte Konstitution des Eiweissmoleküls sowie über seine Grösse ist mit Sicherheit noch nichts bestimmt, während die empirische Zusammensetzung der verschiedenen Eiweissarten innerhalb gewisser Grenzen schwankt. Für das sogen. kristallisirte Eiweiss ist z. B. die Formel $C_{720}H_{1134}N_{218}S_5O_{248}$ aufgestellt worden. Alle Eiweissstoffe sind optisch linksdrehend, hinterlassen beim Verbrennen anorganische Asche und sind durch die Leichtigkeit ihres Zerfalls ausgezeichnet. So werden sie durch Kochen mit verdünnten Säuren oder Basen, durch Fäulnis u. s. f. in relativ einfach zusammengesetzte Substanzen der verschiedensten Art übergeführt, von welchen hier nur die durch ihre Giftigkeit ausgezeichneten Ptomaïne erwähnt seien. Sie lösen sich alle in konzentrirter Essigsäure und in Phosphorsäure beim Erwärmen, die meisten auch in verdünnten Mineralsäuren, einige

auch in Wasser auf. Die in Wasser löslichen Eiweissarten werden durch Erhitzen, durch Einwirkung von Alkohol, Aether, Gerbsäure, vielen Mineralsäuren und Metallsalzen in einer unlöslichen Modifikation abgeschieden, sie werden koagulirt. In getrocknetem Zustande bilden die Albuminstoffe amorphe, weisse, geruch- und geschmacklose Massen. Mit einer Reihe von Reagentien zeigen sie charakteristische Farbreaktionen [1]. Die Unterscheidung und Einteilung der verschiedenen Eiweissstoffe ist noch durchaus unbestimmt.

Am zweckmässigsten unterscheidet man die in der Natur vorkommenden Arten, wie: Albumin, Globulin, Kaseïn — gleichgiltig, ob pflanzlichen oder tierischen Ursprungs — von den aus diesen durch chemische Eingriffe oder Fermente erzeugten Modifikationen, wie: Albuminate, Fibrine, Peptone u. s. f. Von diesen mögen die wichtigsten hier kurz besprochen werden. Die Albumine sind in Wasser, verdünnten Säuren und Alkalien und in Lösungen von Kochsalz oder Magnesiumsulfat löslich und werden durch Erhitzen koagulirt. Zu ihnen gehören das Serum-, Eier-, Milch- und das Pflanzenalbumin. Die Globuline, unlöslich in Wasser, löslich in verdünnten Salzlösungen, werden durch konzentrirte Salzlösungen gefällt und durch Kochen koagulirt. Hierher sind zu rechnen: Myosin (in den Muskeln), Fibrin (im Blut) u. s. f. Die Kaseïne sind in Wasser bei Zusatz von etwas Alkali löslich. Auch das Milchkaseïn ist in der Milch wahrscheinlich an Natron gebunden. Durch verdünnte Säuren wie durch das Labferment werden sie gefällt, durch Kochen nicht koagulirt. Auch in den Pflanzen kommen Kaseïne vor (s. Kaseïn). Die Kleberproteïne sind in wasserhaltigem Zustand zähe, elastische Massen und kommen im Getreidemehl vor (s. Kleber). — Die Albuminate entstehen durch Behandlung von Albumin, Globulin etc. mit Aetzalkalien, sind in Wasser und Salzen unlöslich, löslich in verdünnter Salzsäure und in Sodalösung und treiben aus kohlensaurem Kalk Kohlensäure aus. — Ueber Propeptone oder Albumosen und Peptone s. Peptone. — In naher Beziehung zu den Eiweissstoffen stehen Nukleïn, in den Zellkernen der Pflanzen und Tiere vorkommend, Keratin oder Hornstoff, Elastin, der Hauptbestandteil der elastischen Gewebe des tierischen Organismus; man nennt sie Albuminoïde. Physiologisch von hervorragender Bedeutung ist das Hämoglobin, welches aus den im arteriellen Blut der Tiere vorhandenen Oxyhämoglobinen durch Reduktion entsteht und auch im venösen Blut enthalten ist.

Das Albumin, entweder aus Eiern oder aus Blut hergestellt (s. [1]) und nach seinem Ursprung als Ei- oder Blutalbumin bezeichnet, findet mannigfache praktische Verwertung; so als Gegenmittel bei Sublimatvergiftung, in Verbindung mit Kalk als Kitt, zum Klären von trüben Flüssigkeiten, zur Herstellung von photographischem Papier (s. Albuminpapier) und zum Zeugdruck in der Baumwolldruckerei (s. Albuminfarben) etc.

Bei der Fabrikation werden die Eier vorsichtig geöffnet, das Weiss vom Dotter sorgfältig getrennt, die Häute des Eiweisses durch Schlagen zerrissen, die so gewonnene Masse entweder filtrirt oder mit Essigsäure und Ammoniak geklärt, abgezogen und zum Trocknen auf Zink- oder Porzellanplatten gegossen. Beim Trocknen, für welches ca. 36 Stunden erforderlich sind, ist eine Temperatur von 30—35 ° R. genau einzuhalten, da bei höheren Wärmegraden leicht Zersetzung, bei 60 ° Gerinnung des Eiweisses eintritt. Ein gutes Fabrikat muss sich in Wasser (7 Teile Wasser, 1 Teil Albumin) leicht, ziemlich klar und mit geringem Niederschlag lösen. — Getrocknete Eiweisskonserven für die Konditorei und Backwarenindustrie werden in ähnlicher Weise gewonnen (W. Eug. Seemann, Stuttgart). Für letzteren Zweck muss die Ware nach ihrer Lösung die volle Schaum- und Bindekraft, ferner die Geruch- und Geschmacklosigkeit frischen Eiweisses besitzen. Preis ℳ 3.50—4.60 pro kg, je nach Qualität.

Ueber die technische Verwendung des Kaseïns s. Kaseïn.

Litteratur: [1] Beilstein, Handbuch der organischen Chemie, 2. Aufl., Hamburg und Leipzig 1890, Bd. 3, S. 1258 bis 1310.

W. Kerp.

Ejekteure, s. Pumpen.

Eklipsmaschine, s. Baumwollspinnerei, Bd. 2, S. 107.

Ekliptik-Koordinaten, s. Koordinaten am Himmel.

Eklogit wird ein Gestein genannt, welches wesentlich aus Omphacit und Granat besteht und in die Reihe der ältesten kristallinen Schiefer gehört.

Die Eklogite stehen den Amphiboliten oder Hornblendeschiefern sehr nahe und sind meist mittelkörnig bis dicht. Der Omphacit bildet längliche, lauch- bis grasgrüne Körner, der Granat dagegen mehr runde, rotbraune Formen. Neben den beiden Hauptgemengteilen treten noch Hornblende und zuweilen noch Quarz, Cyanit u. a. auf. Bei der Zersetzung bilden sich chloritische Faseraggregate, oft auch weisser Glimmer und zum Schluss ein lehmiger Grus, dessen Körner teilweise Granaten, teilweise auch neugebildeter Quarz sind. Das Gefüge der Eklogite ist meist regellos körnig, seltener schieferig oder schichtig. Ihre chemische Zusammensetzung weist etwa 45—57 % SiO_2, 11—19 % Al_2O_3, 0—13 % $FeO + Fe_2O_3$, 10—14 % CaO, 7—14 % MgO, 2—3 % Na_2O, 0,5 % K_2O auf. Spez. Gew. etwa 3,4, Härte 5—7. Die frischen Gesteine sind ziemlich spröde, diejenigen mit chloritisirtem Granat dagegen zäh.

Die ungleiche Härte der beiden Hauptgemengteile verhindert oft eine hübsche Politur des an und für sich wegen seiner roten und grünen Farbe sehr

schönen Gesteins. Es eignet sich als Dekorationsstein und zur Verzierung, meist aber nur in rauher Bearbeitung und ohne feinere Profilirung. *Leppla.*

Ekrasit, ein in der österreichischen Armee eingeführtes Sprengmittel, dessen Zusammensetzung geheim gehalten wird.

Ektypographie, s. Hochätzkunst.

Elaeolith, s. Nephelin.

Elaidiniprobe, s. Fette und fette Oele.

Elastische Bewegungen, s. Elastische Schwingungen, Elastizität u. s. w.

Elastische Formänderungen, s. Elastizität, Einsenkung u. s. w.

Elastische Kräfte, s. Elastizität, Elastizitätslehre, allgemeine.

Elastische Linie wird bei gebogenen Stäben die Stabaxe nach der Biegung genannt. Ihre Kenntnis ist in der Ingenieurmechanik besonders bei Ableitung von Einsenkungen (s. d.) und solcher sonstiger Grössen nötig, welche durch statische Beziehungen allein nicht bestimmt sind, z. B. der Stützenmomente kontinuirlicher und eingespannter einfacher Balken (s. d.). Für horizontale Balken (tg φ in Fig. 1 muss gegen 1 zu vernachlässigen sein, vergl. Bd. 1, S. 760) ist unter den gewöhnlichen Voraussetzungen der Biegungstheorie (Bd. 2, S. 365) die Differentialgleichung der elastischen Linie (Bd. 2, S. 370):

$$\frac{d^2y}{dx^2} = -\frac{M_x}{EJ}. \qquad 1.$$

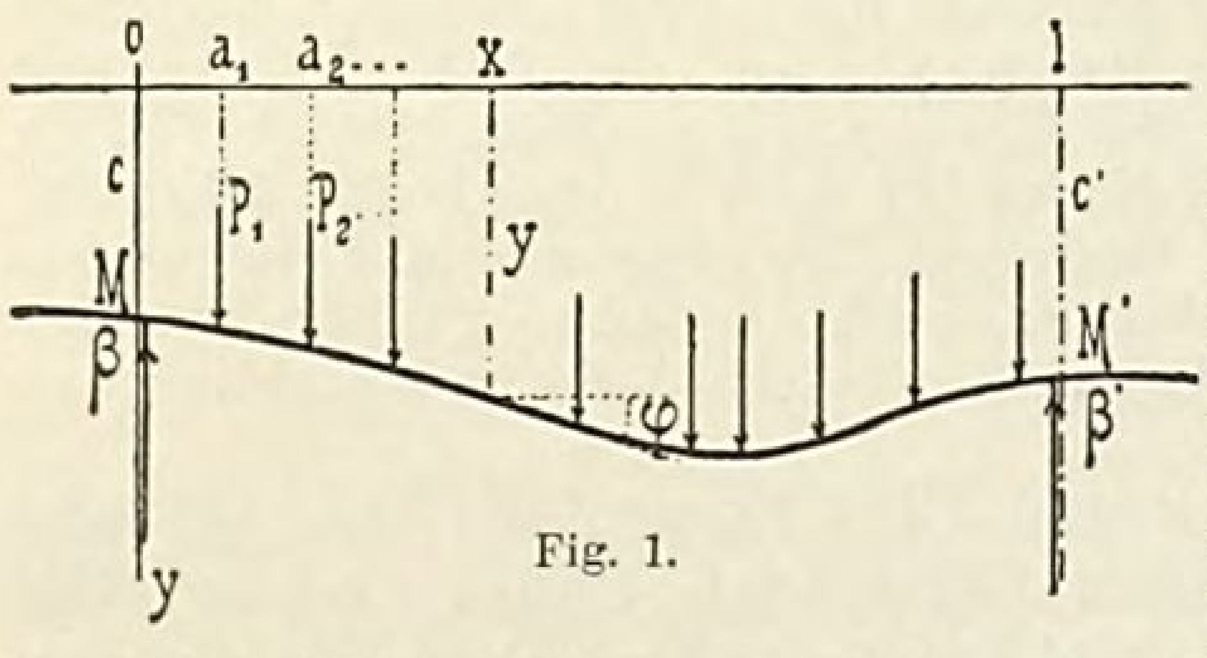


Fig. 1.

Bezeichnen für die Enden eines einfachen Balkens oder für die begrenzenden Stützen einer beliebigen Oeffnung eines kontinuirlichen Balkens (Fig. 1) 0, l die Abscissen, c, c' die Ordinaten, β, β' die Tangenten der Neigungswinkel der elastischen Linie, M, M' die Biegungsmomente, und wird wie gewöhnlich das Produkt EJ aus Elastizitätsmodul und Trägheitsmoment innerhalb der Oeffnung konstant angenommen (eventuell als Mittelwert); dann liefert 1. für beliebige Belastung die Tangente des Neigungswinkels der elastischen Linie bei x und die Gleichung der letzteren [3], S. 6:

$$\operatorname{tg}\varphi = \frac{dy}{dx} = \beta - \frac{1}{2EJ}\left[2Mx + Vx^2 - \sum_0^x P(x-a)^2\right], \qquad 2.$$

$$y = c + \beta x - \frac{1}{6EJ}\left[3Mx^2 + Vx^3 - \sum_0^x P(x-a)^3\right]. \qquad 3.$$

Hierin pflegt c bekannt zu sein, β an Einspannungsstellen ebenfalls (vergl. jedoch Einspannung), während allgemein ausgedrückt sind, [3], S. 7, 9:

$$V = \frac{1}{l}\left[M' - M + \sum_0^l P(l-a)\right], \qquad 4.$$

$$\beta = \frac{c'-c}{l} + \frac{1}{6EJ}\left[M'l + 2Ml + \frac{1}{l}\sum_0^l Pa(l-a)(2l-a)\right], \qquad 5.$$

$$\beta' = \frac{c'-c}{l} - \frac{1}{6EJ}\left[Ml + 2M'l + \frac{1}{l}\sum_0^l Pa(l-a)(l+a)\right], \qquad 6.$$

Ueber die Ausdrücke von M, M' s. Balken, Bd. 1, S. 760, 766; für den gewöhnlichen, beiderseits frei drehbaren Balken sind $M = M' = 0$. Die Summen Σ beziehen sich auf alle Lasten P zwischen den beigesetzten Grenzen; über ihre Werte für gleichmässig verteilte und sonstige stetig verteilte Lasten s. Belastung.

In obigen Gleichungen ist der Einfluss der Vertikalkraft V_x vernachlässigt, wie dies meist geschieht (Bd. 2, S. 371). Soll derselbe berücksichtigt werden (s. z. B. Biegungselastizität, Elastizitätsmodul), so hat man beizufügen:

auf der rechten Seite von 1. $\quad + \frac{k}{GF}\frac{dV_x}{dx}$,

" " " " 2. $\quad + \frac{k}{GF}\left[V - \sum_0^x P\right]$,

" " " " 3. $\quad + \frac{k}{GF}\left[V_x - \sum_0^x P(x-a)\right]$,

" " " " 5. und 6. $\quad + \frac{k}{GFl}\left[M' - M\right]$,

während 4. ungeändert bleibt. Für k, G gilt das in Bd. 2, S. 372 und Bd. 3 unter Elastizitätsmodul und Elastizitätsquotient Gesagte. Wir erhalten hiernach beispielsweise für den gewöhnlichen, beiderseits frei drehbaren Balken (Fig. 2) wegen $M = M' = 0$ bei beliebiger Belastung:

$$y = \beta x - \frac{1}{6\,EJ}\left[V x^3 - \sum_0^x P (x-a)^3\right] + \frac{k}{GF}\left[V x - \sum_0^x P (x-a)\right], \qquad 7.$$

mit

$$V = \frac{1}{l} \sum_0^l P (l-a), \qquad \beta = \frac{c'}{l} + \frac{1}{6\,EJl} \sum_0^l P a (l-a)(2l-a), \qquad 8.$$

und speziell bei gleichmässig verteilter Belastung von u per Längeneinheit auf der ganzen Länge des Trägers (vergl. Belastung):

$$y = \frac{c'}{l}\, x + \frac{u}{24\,EJ}\, x\,(l^3 - 2\,l\,x^2 + x^3) + \frac{k\,u}{2\,G\,F}\, x\,(l-x), \qquad 9.$$

worin bei gleichen Stützhöhen $c' = 0$. Für den einerseits festgespannten (unter einem Winkel φ, für welchen $\beta = \operatorname{tg}\varphi$), andererseits frei schwebenden Balken (Fig. 3) gilt bei beliebiger Belastung der allgemeine Ausdruck von y mit $c = 0$ und

$$M = -\sum_0^l P a, \qquad V = \sum_0^l P, \qquad 10.$$

bei gleichmässig verteilter Last von u per Längeneinheit auf der ganzen Länge des Trägers:

$$y = \beta x + \frac{u}{24\,EJ}\, x^2 (6\,l^2 - 6\,l\,x + x^2) + \frac{k\,u}{2\,G\,F}\, x\,(2\,l - x). \qquad 11.$$

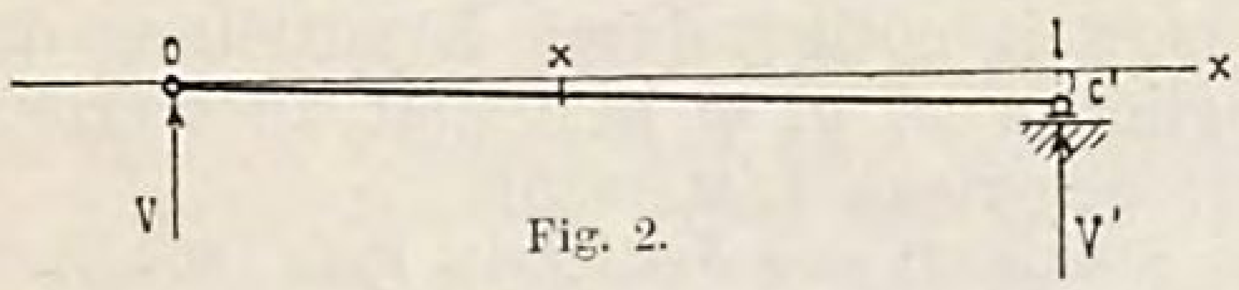


Fig. 2.

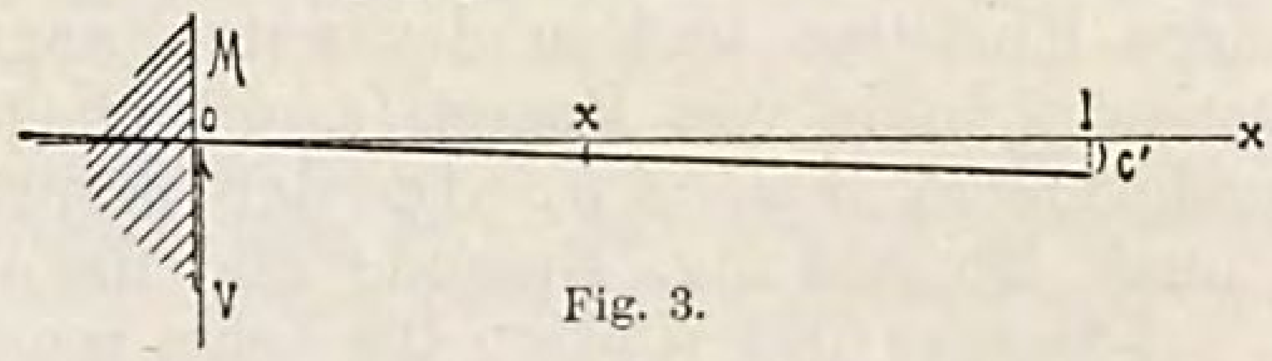


Fig. 3.

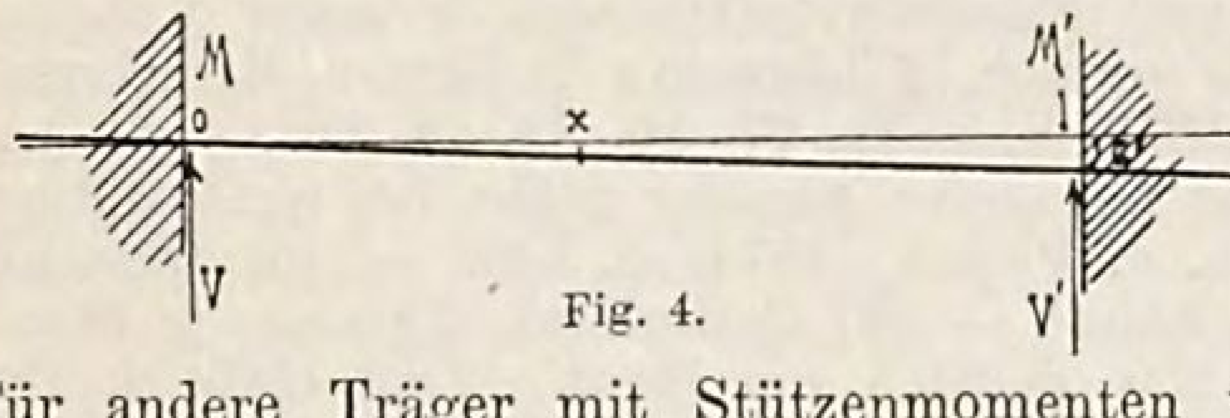


Fig. 4.

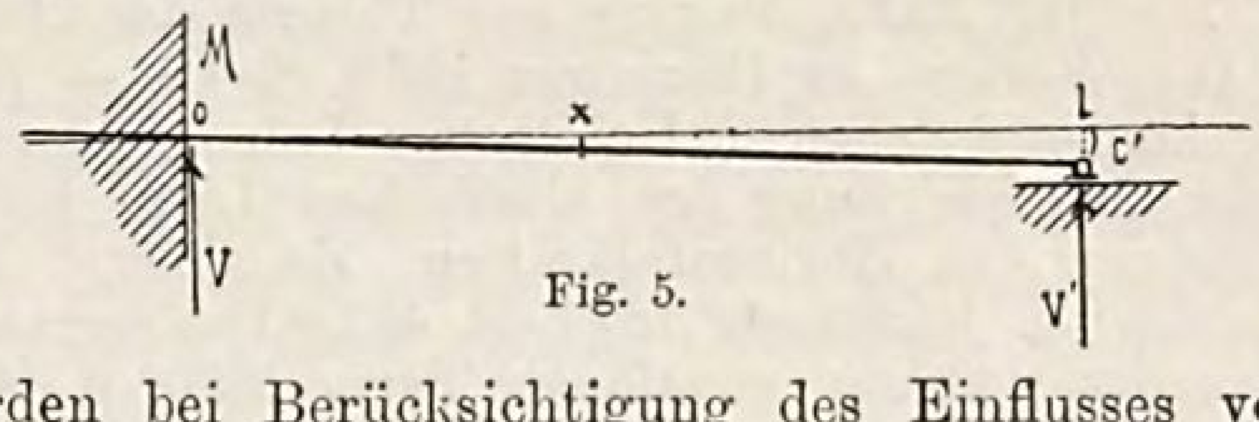


Fig. 5.

Für andere Träger mit Stützenmomenten werden bei Berücksichtigung des Einflusses von V_x auf die Formänderungen auch die Stützenmomente selbst beeinflusst. Wird zur Abkürzung gesetzt

$$s = 6\,k\,\frac{EJ}{GF}, \qquad 12.$$

so erhält man für den beiderseits festgespannten Balken in dem gewöhnlich angenommenen Falle $\beta = \beta' = \frac{c'}{l}$ (Fig. 4):

$$M = -\frac{1}{l^2 - 2\,s}\left[\sum_0^l P a (l-a)^2 - \frac{s}{l} \sum_0^l P a\,(l-a)\right], \qquad 13.$$

$$M' = -\frac{1}{l^2 - 2\,s}\left[\sum_0^l P a^2 (l-a) - \frac{s}{l} \sum_0^l P a\,(l-a)\right], \qquad 14.$$

andernfalls sind beizufügen:

auf der rechten Seite von 13. $\quad + \dfrac{2\,EJ}{l^2 - 2s}\left[(2\,\beta + \beta')\,l - 3\,c' - (\beta - \beta')\,\dfrac{s}{l}\right]$,

" " " " " 14. $\quad - \dfrac{2\,EJ}{l^2 - 2s}\left[(2\,\beta' + \beta)\,l - 3\,c' + (\beta - \beta')\,\dfrac{s}{l}\right]$.

Bei zur Trägermitte μ symmetrischer Belastung jedoch werden aus 13., 14.:

$$M = M' = -\frac{1}{l} \sum_0^\mu P a\,(l-a), \qquad 15.$$

so dass dann V_x keinen Einfluss auf die von der Belastung herrührenden M, M' ausübt. — Für den einerseits festgespannten, andererseits frei drehbaren Balken ist im Falle $\beta = \frac{c'}{l}$ (Fig. 5):

$$M = -\frac{1}{2\,l^2 - s} \sum_0^l P a\,(l-a)\,(2\,l-a), \qquad 16.$$

während andernfalls rechts beizufügen wäre $+\, 6\,EJ\,\dfrac{\beta\,l - c'}{2\,l^2 - s}$. Für kontinuirliche Balken schliesslich tritt an Stelle der in Bd. 1, S. 761 gegebenen Formeln bei gleich hohen oder in einer geneigten Geraden liegenden Stützpunkten:

$$M_{r-1}\left(l_{r-1} + \frac{s}{l_{r-1}}\right) + M_r\left(2\,l_{r-1} + 2\,l_r - \frac{s}{l_{r-1}} - \frac{s}{l_r}\right) + M_{r+1}\left(l_r + \frac{s}{l_r}\right) =$$

$$-\frac{1}{l_{r-1}} \sum_{r-1} P a\,(l-a)\,(l+a) - \frac{1}{l_r} \sum_r P a\,(l-a)\,(2\,l-a), \qquad 17.$$

wozu im Falle eingespannter Enden entsprechend den dort für diesen Fall gegebenen Gleichungen 20., 21. kommen:

$$M_1\left(l_0 + \frac{s}{l_0}\right) + M_0\left(2\,l_0 - \frac{s}{l_0}\right) = -\frac{1}{l_0} \sum_0 P a\,(l-a)\,(2\,l-a), \qquad 18.$$

$$M_n\left(l_n+\frac{s}{l_n}\right)+M_{n+1}\left(2l_n-\frac{s}{l_n}\right)=-\frac{1}{l_n}\sum_n Pa\,(l-a)\,(l+a). \qquad 19.$$

Bei beliebigen Stützhöhen (beliebig innerhalb der zulässigen Grenzen, so dass tg φ gegen 1 zu vernachlässigen bleibt) wären beizufügen:

auf der rechten Seite von 17. $+6EJ\left(\frac{c_r-c_{r-1}}{l_{r-1}}+\frac{c_r-c_{r+1}}{l_r}\right)$,

" " " " 18. $+6EJ\left(\beta_0+\frac{c_0-c_1}{l_0}\right)$,

" " " " 19. $-6EJ\left(\beta_{n+1}-\frac{c_{n+1}-c_n}{l_n}\right)$.

Mit $s=0$ gehen die Formeln 13. bis 19. in die Bd. 1, S. 760, 761 gegebenen über (abgesehen von Druckfehlern in den dortigen Gleichungen 16, 20, die sich hiernach berichtigen lassen). Die jetzt bestimmten M, M' wären bei Berücksichtigung des Einflusses von V_x in der oben gegebenen Gleichung der elastischen Linie zu verwenden. Bezüglich der Summenausdrücke Σ bei stetig verteilter Last ist wieder auf den Artikel Belastung zu verweisen.

Auf Grund vorstehender Gleichungen sind z. B. die in Bd. 1, S. 766, 767 angeführten Einsenkungen einfacher Balken berechnet. Ueber Balken mit sprungweise veränderlichem Querschnitt s. z. B. [3] S. 6, 22, [10] S. 169 über graphische Behandlung der elastischen Linie s. Biegungslinie und [2], [8], [9]. Auch andere Einflüsse sind in der unten angeführten Litteratur berücksichtigt. Die elastische Linie von Bogen (s. d.) pflegt, soweit nötig, durch Ermittelung der Aenderungen Δx, Δy, $\Delta\varphi$ der ursprünglichen x, y, φ bestimmt zu werden. S. auch Einsenkung, Biegung und die dort gegebene Litteratur.

Litteratur: [1] Winkler, Die Lehre von der Elastizität und Festigkeit, Prag 1867, S. 79 u. f. — [2] Mohr, Beitrag zur Theorie der Holz- und Eisenkonstruktionen, Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Vereins zu Hannover 1868, S. 19. — [3] Weyrauch, Allgemeine Theorie u. Berechnung der kontinuirlichen und einfachen Träger, Leipzig 1873, S. 5, 22, 77, 80, 83, 86, 90. — [4] Derselbe, Die Gleichung der elastischen Linie beliebig belasteter gerader Stäbe bei gleichzeitiger Wirkung von Horizontalkräften, Zeitschr. f. Math. u. Physik, 1874, S. 536. — [5] Derselbe, Zeitschr. f. Baukunde 1879, S. 437 (Temperatureinflüsse). — [6] Castigliano, Théorie de l'équilibre des systèmes élastiques, Turin 1880, p. 203, 250 (deutsch von Hauff, Wien 1886, S. 199, 246). — [7] Weyrauch, Aufgaben zur Theorie elastischer Körper, Leipzig 1885, S. 93, 132, 149, 150, 153, 270, 332. — [8] Winkler, Theorie der Brücken, Bd. 1, Aeussere Kräfte der Balkenträger, Wien 1886, S. 282, 313. — [9] Ritter, Anwendungen der graphischen Statik, Bd. 1, Zürich 1888, S. 161. — [10] Huléwicz, Calculs de résistance des ponts et viaducs métalliques à poutres droites, d'après les circulaire ministérielle du 29 août 1891, Paris 1894, p. 169. — [11] Land, Einfluss der Schubkräfte auf die Biegung statisch bestimmter und die Berechnung statisch unbestimmter, gerader, vollwandiger Träger, Zeitschr. f. Bauwesen 1894, S. 611. — [12] Francke, Die elastische Linie des Balkens, Zeitschr. f. Bauwesen, 1895, S. 439 (nachgebende Stützen berücksichtigt). *Weyrauch.*

Elastische Nachwirkung. Die durch ruhende Belastung oder andere statische Einwirkungen äusserer Kräfte erreichbare Gruppirungsänderung der Teilchen eines festen Körpers tritt im allgemeinen nicht sofort vollständig ein; man hat noch nach Tagen und Monaten kleine Dehnungen, Einsenkungen u. s. w. beobachtet, deren Wert wesentlich von Material, Grösse der Beanspruchung, vorausgegangener Behandlung, Temperatur, Erschütterungen u. s. w. abhängt und besonders für Körper vegetabilischen und animalischen Ursprungs bedeutend werden kann. Ebenso brauchen die Teilchen nach Entfernung der äusseren Kräfte eine gewisse Zeit, bis sie wieder vollständig zur Ruhe kommen. Diese Erscheinungen wurden von W. Weber, der sie zuerst eingehender an Seidenfäden untersuchte, als elastische Nachwirkung bezeichnet [1], Bd. 54, S. 8; sie beeinträchtigen die Genauigkeit und Vergleichbarkeit zahlreicher physikalischer Ermittelungen und sind auch bei Anordnung und Deutung technischer Versuche über Elastizität und Festigkeit im Auge zu behalten. Ausgedehnte Versuche über dieselben in physikalischer und technischer Richtung wurden besonders von Kohlrausch [2] und Bauschinger [3], [9] angestellt. Da die Gruppirungsänderungen der Teilchen schliesslich zum Bruche führen können, so macht sich der Einfluss der Zeit auch auf die Festigkeit geltend.

So fand Barba bei Zerreissversuchen mit Rundstäben von 1,6 cm Durchmesser aus Flusseisen bei 2,5 Minuten Versuchsdauer 3935 kg Festigkeit per qcm und 32 % Bruchdehnung, gemessen auf 10 cm Länge, während die entsprechenden Zahlen bei 75 Minuten Versuchsdauer 3720 kg und 34 % waren, [4], S. 710. Aehnliche Resultate erhielt Goedicke mit Feinkorneisen, gewöhnlichem Puddeleisen und Wolframstahl, [7], S. 578. Thurston beanspruchte je drei Stäbe aus amerikanischem Nadelholz (Yellow pine, Pinus australis) auf Biegung mit 95, 80 und 65 % der auf gewöhnliche Weise erhaltenen Bruchlast, wobei nach stetigem Wachsen der Ein-

senkungen die letzten Stäbe der drei Gruppen nach 43 Stunden bezw. 30 Tagen und 15 Monaten zum Bruche kommen [6]. Die Vorschrift in Lieferungsbedingungen, dass die Probestäbe gewisse Beanspruchungen eine kurze Zeit, etwa 10 Minuten aushalten sollen, hielt jedoch Bauschinger auf Grund jahrelanger Erfahrung und spezieller Versuche für Eisen und Stahl nicht für erforderlich [3], S. 270, [9], 20. Heft, S. 4, wenn nur, wie selbstverständlich, nach Auflage jedes neuen Mehrgewichts so lange angehalten werde, bis der Wagebalken der Prüfungsmaschine oder die Blase der Libelle an derselben fest oder doch nahezu fest geworden sei. Massgebend war hierbei, dass, wenn der Bruch innerhalb der vorgeschriebenen Zeit eintrete, er sicher schon vorher erfolge, wenn ca. 0,5 kg per qcm Querschnitt zugelegt werde. Für die Vorschrift in Bedingungen für Probebelastungen, dass die Belastung vor Messung der Einsenkung eine gewisse Zeit gewirkt haben soll, kommt neben der elastischen Nachwirkung die Zeit zur Uebertragung der Lasten von den Zwischenträgern auf die Hauptträger, zur Erschöpfung der vielfach eintretenden Schwingungen und zu unveränderlicher Wirksamkeit der Verbindungen in Betracht.

Verschiedene Versuche ergaben, dass für manche Metalle, wie Blei, Zinkblech und besonders Zinn, selbst bei allmälichem Anwachsen der Belastung auch die Geschwindigkeit dieses Anwachsens oder der entsprechenden Dehnungszunahme von Einfluss ist [8]. Bauschinger fand dies ebenfalls, kam jedoch zu dem Schlusse, dass der Einfluss der Zeit oder der Geschwindigkeit, mit der die Dehnung ausgeführt wird, auf die Festigkeitsverhältnisse (Bruchbelastung, Bruchdehnung, Kontraktion) von Flusseiseu, Schweisseisen, Kupfer, Messingblech und Bronzeguss innerhalb der bei praktischen Versuchen eingehaltenen Grenzen unmerklich oder kaum merklich sei, und auch für Messingguss, Zinkguss und Gusseisen durch zufällige Ungleichmässigkeiten leicht verdeckt werde [9], 20. Heft, S. 26. Die Versuchsdauer war hierbei verhältnismässig gross (z. B. bei Flusseisen von 26 bis 77 Minuten). Dagegen erhielt Le Chatelier [12] für hartes und weiches Kupfer bei 250° Temperatur nach 10 Sekunden, 10 Minuten und 30 Minuten Versuchsdauer bezw. die Zugfestigkeiten 3400, 2470, 1800 und 1870, 1780, 1640. Wöhler und Beardslen hatten beobachtet, dass bei Erhöhung der Elastizitätsgrenze (s. d.) durch Ueberschreiten derselben die Zeit nach der Entlastung eine Rolle spielt. Bauschinger fasst seine in dieser Beziehung durch Versuche mit Schweisseisen, Flusseisen und Stahl erhaltenen Resultate in folgende Sätze zusammen [9] 13. Heft, S. 19: 1. Die Streckgrenze (s. Dehnung) wird stets bis zu der Belastung hinaufgehoben, mit welcher gestreckt wurde, und zwar schon unmittelbar nach dem Strecken. In der Zeit der Ruhe aber, die nach der auf das Strecken vorgenommenen Entlastung verstreicht, hebt sich die Streckgrenze über jene Maximalbelastung, mit welcher gestreckt worden ist, hinaus, und zwar ist diese Hebung schon nach einem Tage sehr gut bemerkbar, dauert aber Wochen und Monate, vielleicht Jahre fort. 2. Die Elastizitätsgrenze wird durch das Strecken herabgeworfen, oft bis auf Null, so dass die Probestücke, wenn sie unmittelbar nach dem Strecken und Entlasten wieder gemessen werden, gar keine oder eine bedeutend niedrigere Elastizitätsgrenze haben. In der Zeit der Ruhe aber, die nach der auf das Strecken vorgenommenen Entlastung verstreicht, hebt sich auch die Elastizitätsgrenze wieder, erreicht nach mehreren Tagen die Belastung, mit welcher gestreckt wurde und wird nach genügend langer Zeit, sicher nach mehreren Jahren, selbst über diese Belastung hinaus gehoben. 3. Mit der Elastizitätsgrenze wird in der Regel auch der Elastizitätsmodul durch vorausgegangenes Strecken erniedrigt; er erhebt sich, wie jene, in der Zeit der Ruhe nach dem Strecken und Entlasten wieder, wahrscheinlich aber langsamer. Nach mehreren Jahren findet er sich stets beträchtlich über seine ursprüngliche Grösse hinaus gehoben. 4. Durch Dehnen mit Belastungen, die über der Elastizitäts-, aber noch unter der Streckgrenze liegen, wird die Elastizitätsgrenze erhöht und zwar sofort nach dem Entlasten und um so mehr, je höher die Belastung war. Wenn letztere in die Nähe der Streckgrenze kommt, erreicht die Elastizitätsgrenze ein Maximum und wird bei Ueberschreiten der Streckgrenze herabgeworfen, entsprechend dem obigen zweiten Satze. — Ueber Mittel, die durch Strecken künstlich erhöhte Elastizitätsgrenze wieder herabzusetzen s. [9] 13. Heft S. 24, [10] S. 105, über den Einfluss des Streckens auf die Festigkeit [10] S. 87, 98. Vergl. Elastizitätsgrenze, ursprüngliche und natürliche.

Eine theoretische Behandlung der elastischen Nachwirkung hat schon Weber versucht, [1], Bd. 54, S. 8; später haben sich O. E. Meyer, Maxwell, Kohlrausch u. a, mit einschlagenden Fragen beschäftigt; ausführliche Arbeiten auf breiterer Grundlage rühren von Boltzmann [13] und Wiechert [14] her. Auch in Lehrbüchern beginnen diese Theorien, welche mit manchen Versuchsergebnissen in Einklang stehen, bereits eine eingehendere Behandlung zu finden [15], [16], doch sind sie noch nicht bis zu technischer Verwendbarkeit gediehen. S. auch Thermische Nachwirkung.

Litteratur: [1] W. Weber, Poggendorffs Annalen 1835, Bd. 34, S. 247 (Ueber die Elastizität der Seidenfäden), und 1841, Bd. 54, S. 1 (Ueber die Elastizität der festen Körper). — [2] Kohlrausch, Poggendorffs Annalen 1863, Bd. 119, S. 337 (Ueber die elastische Nachwirkung bei der Torsion); 1866, Bd. 128, S. 1, 207, 399 (Beiträge zur Kenntnis der elastischen Nachwirkung); 1876, Bd. 158, S. 337 (Experimentaluntersuchungen über die elastische Nachwirkung bei Torsion, Ausdehnung und Biegung). — [3] Bauschinger, Ueber den Einfluss der Dauer der Belastung auf die Festigkeit von Probestäben aus Eisen und Stahl, Annalen für Gewerbe und Bauwesen 1879, S. 269. — [4] Barba, Étude des allongements des métaux après rapture, Mém. etc. de la société des ingenieurs civils 1880, I, S. 682. — [5] Perard, Versuche über die elastische Nachwirkung bei Eisen und Stahl, Revue universelle des mines, 1880 S. 486. — [6] Thurston,

Ueber den Einfluss der Anstrengungsdauer auf die Festigkeit und Elastizität des Nadelholzes, Dinglers Polyt. Journ. 1882, Bd. 244, S. 281. — [7] Goedicke, Welche Faktoren können das Resultat der Zerreissproben beeinflussen? Oesterr. Zeitschr. f. Berg- und Hüttenwesen 1883, S. 557, 575. — [8] Fischer, Ueber die Deutung und Genauigkeit von Festigkeitsdiagrammen, Dinglers Polyt. Journal 1884, Bd. 151, S. 337, 385. — [9] Bauschingers Mitteilungen etc., 13. Heft, München 1886 (Ueber die Veränderung der Elastizitätsgrenze und Festigkeit des Eisens und Stahls durch Strecken und Quetschen, durch Erwärmen und Abkühlen und durch oftmals wiederholte Beanspruchung); 20. Heft, München 1891 (Einfluss der Zeit bei Zerreissversuchen mit verschiedenen Metallen). — [10] Weyrauch, Die Festigkeitseigenschaften etc., Leipzig 1889, S. 87 u. ff. — [11] Bach, Elastizität und Festigkeit, Stuttgart 1894, S. 5, 39. — [12] Rudeloff, Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Vereins zu Hannover 1896, S. 254. — [13] Boltzmann, Zur Theorie der elastischen Nachwirkung, Poggendorffs Annalen, 7. Ergänzungsbd., 1876, S. 624 (s. auch Kohlrausch 1877, Bd. 160, S. 225). — [14] Wiechert, Gesetze der elastischen Nachwirkung für konstante Temperatur, Wiedemanns Annalen 1893, Bd. 50, S. 335, 546.) — [15] Winkelmann, Handbuch der Physik, Bd. 1, S. 321. — [16] Voigt, Kompendium der theoretischen Physik, Bd. 1, Leipzig 1895, S. 456.
Weyrauch.

Elastische Schwingungen sind Schwingungen der Punkte elastischer Körper (s. Wellenbewegung und [8] S. 248, [11] S. 685, [12] S. 682), wie sie z. B. bei Störung des Gleichgewichts der auf dieselben wirkenden Kräfte nach plötzlichem Wegfall der störenden Ursachen (Zupfen einer Saite, Anschlag einer Stimmgabel, Belastung eines Balkens u. s. w.) entstehen, indem die elastischen Kräfte (s. Elastizität) die Punkte nach den Gleichgewichtslagen zurück zu treiben suchen. Da jedoch die rücktreibenden Kräfte bis zur Erreichung der Gleichgewichtslagen wirken, so wachsen ebenso lange die Geschwindigkeiten, die Punkte erlangen lebendige Kräfte, welche sie über die Gleichgewichtslagen hinausführen, bis die alsdann von den entgegengesetzten Seiten wirkenden Kräfte eine Umkehr veranlassen u. s. w. In dieser Weise könnte das Spiel unbeschränkt fortdauern, wenn nicht durch Abgabe lebendiger Kraft, Umwandlung in Wärme u. s. w. die Bewegungsenergie nach und nach aufgezehrt würde. Durch die Entfernung eines Körperpunktes aus seiner Gleichgewichtslage wird aber auch das Gleichgewicht der benachbarten Punkte gestört, welche ihrerseits die Bewegung auf andere Punkte übertragen u. s. f. Je nachdem die Schwingungen des einzelnen Punktes in die Richtungslinie dieser Fortpflanzung der Störung fallen (Fig. 1) oder senkrecht zu ihr erfolgen (Fig. 2), hat man es mit Longitudinalschwingungen oder Transversalschwingungen zu thun. Die Schallschwingungen in der Luft beispielsweise sind Longitudinalschwingungen, während die Lichtschwingungen als Transversalschwingungen des schwingenden Mediums (Aethers) angesehen werden. Daneben wären noch andere geradlinige Schwingungen verschiedener Richtungen (Fig. 3) und krummlinige Schwingungen verschiedener Bahnen (Fig. 4) denkbar.


Fig. 1.

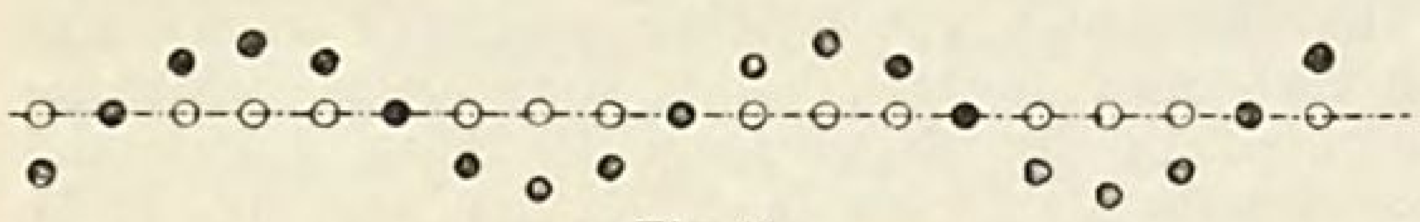
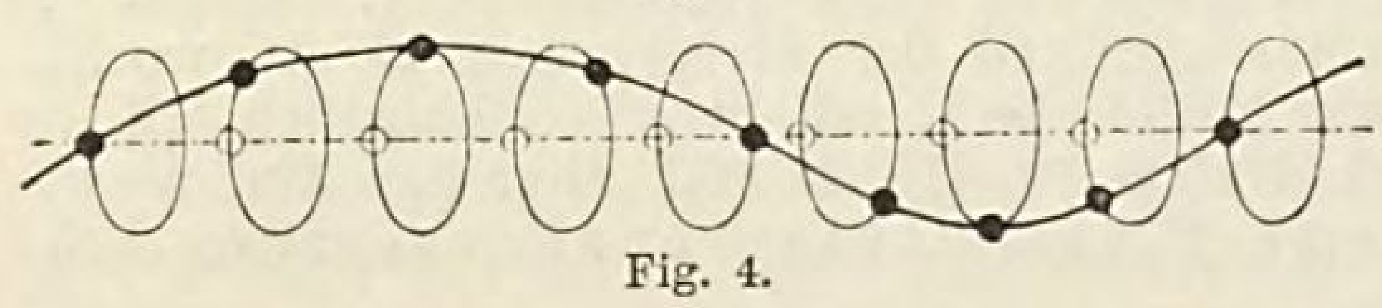

Fig 2.


Fig. 3.


Fig. 4.

Für beliebige elastische Schwingungen bestehen die unter „Elastizitätslehre, allgemeine“ gegebenen Bewegungsgleichungen, in welchen jedoch, da es sich um Bewegungen gegen die den äusseren Kräften (s. d.) einschliesslich der Massenkräfte X, Y, Z entsprechende Gleichgewichtslage handelt, diese X, Y, Z gleich Null gesetzt werden können (vergl. Koexistenz). Wird ausserdem bei den Bezeichnungen:

$$\omega = \frac{\partial \xi}{\partial x} + \frac{\partial \eta}{\partial y} + \frac{\partial \zeta}{\partial z}, \qquad \Delta^2 \varphi = \frac{\partial^2 \varphi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \varphi}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \varphi}{\partial z^2} \qquad 1.$$

für gleichzeitige Aenderungen von p und ω eingeführt: $p = f(\omega)$, $\frac{\delta p}{\delta \omega} = e$, 2.

so lauten die Grundgleichungen für Schwingungen beliebiger isotroper Körper, [8], S. 261:

$$\left.\begin{aligned} \frac{\partial^2 \xi}{\partial t^2} &= \frac{G - e}{\mu} \frac{\partial \omega}{\partial x} + \frac{G}{\mu} \Delta^2 \xi, \\ \frac{\partial^2 \eta}{\partial t^2} &= \frac{G - e}{\mu} \frac{\partial \omega}{\partial y} + \frac{G}{\mu} \Delta^2 \eta, \\ \frac{\partial^2 \zeta}{\partial t^2} &= \frac{G - e}{\mu} \frac{\partial \omega}{\partial z} + \frac{G}{\mu} \Delta^2 \zeta, \end{aligned}\right\} \qquad 3.$$

während aus 1. mit Rücksicht auf 3. für dieselben folgt:

$$\frac{\partial^2 \omega}{\partial t^2} = \frac{2G - e}{\mu} \Delta^2 \omega. \qquad 4.$$

Da bei der raschen Aufeinanderfolge elastischer Schwingungen ein in Betracht kommender Wärmeaustausch während einzelner Schwingungen nicht stattfindet, so entsprechen die Beziehungen 2. adiabatischen Zustandsänderungen (s. d.). Führt man als Bezeichnungen ein:

$$c^2 = \frac{2G - e}{\mu}, \qquad C^2 = \frac{G}{\mu}, \qquad 5.$$

so gehen die Grundgleichungen 3., 4. über in die folgenden, [8], S. 262:

$$\left.\begin{aligned} \frac{\partial^2 \xi}{\partial t^2} &= (c^2 - C^2)\frac{\partial \omega}{\partial x} + C^2 \Delta^2 \xi, \\ \frac{\partial^2 \eta}{\partial t^2} &= (c^2 - C^2)\frac{\partial \omega}{\partial y} + C^2 \Delta^2 \eta, \\ \frac{\partial^2 \zeta}{\partial t^2} &= (c^2 - C^2)\frac{\partial \omega}{\partial z} + C^2 \Delta^2 \zeta, \end{aligned}\right\} \qquad 6.$$

$$\frac{\partial^2 \omega}{\partial t^2} = c^2 \Delta^2 \omega. \qquad 7.$$

Die Anwendung der vorstehenden allgemeinen Beziehungen ergibt, dass homogene isotrope Körper von sogen. einfachen Schwingungen, wie sie zur Erklärung von Schall und Licht in unbegrenzten Medien herangezogen werden (geradlinige Schwingungen, für welche die rücktreibende Kraft proportional der Entfernung von der Gleichgewichtslage, [8], S. 229) nur Longitudinalschwingungen und Transversalschwingungen gestatten, [8], S. 262, welche sich getrennt von einander mit Geschwindigkeiten c, C, bestimmt durch 5., fortpflanzen und also auch getrennt von einander untersucht werden können. Für die Untersuchung einfacher Longitudinalschwingungen, wie überhaupt elastischer Schwingungen der Eigenschaft $\frac{\partial \omega}{\partial x} = \Delta^2 \xi$, $\frac{\partial \omega}{\partial y} = \Delta^2 \eta$, $\frac{\partial \omega}{\partial z} = \Delta^2 \zeta$, (Potentialschwingungen) hat man nach 6., 7.:

$$\frac{\partial^2 \xi}{\partial t^2} = c^2 \frac{\partial \omega}{\partial x}, \qquad \frac{\partial^2 \eta}{\partial t^2} = c^2 \frac{\partial \omega}{\partial y}, \qquad \frac{\partial^2 \zeta}{\partial t^2} = c^2 \frac{\partial \omega}{\partial z}, \qquad 8.$$

$$\frac{\partial^2 \omega}{\partial t^2} = c^2 \Delta^2 \omega, \qquad 9.$$

und für die Untersuchung einfacher Transversalschwingungen, wie überhaupt elastischer Schwingungen ohne Dilatation ω nach 6., 1.:

$$\frac{\partial^2 \xi}{\partial t^2} = C^2 \Delta^2 \xi, \qquad \frac{\partial^2 \eta}{\partial t^2} = C^2 \Delta^2 \eta, \qquad \frac{\partial^2 \zeta}{\partial t^2} = C^2 \Delta^2 \zeta, \qquad 10.$$

$$\omega = \frac{\partial \xi}{\partial x} + \frac{\partial \eta}{\partial y} + \frac{\partial \zeta}{\partial z} = 0. \qquad 11.$$

Da für vollkommene gasförmige und tropfbare Flüssigkeiten $G = 0$ ist, so gelten für deren elastische Schwingungen nach 5., 6. stets die Gleichungen 8., 9., und es pflanzen diese Körper von einfachen Schwingungen nur Longitudinalschwingungen fort. Das Gleiche ergibt sich für reibende Flüssigkeiten [9] S. 311. Für sonstige isotrope Körper wäre annähernd $c/C = \sqrt{3}$. Näheres sowie Spezialisirungen und Zahlenwerte von c, C für Gase, Dämpfe, tropfbare Flüssigkeiten und andere isotrope Körper s. [8] §§ 93—100, [9] S. 303 u. f. In anisotropen Körpern werden unter Voraussetzung stetiger Verschiebungen (s. Elastizitätslehre, allgemeine) im allgemeinen dreierlei einfache Schwingungen verschiedener zu einander senkrechter Richtungen und verschiedener Fortpflanzungsgeschwindigkeiten übertragen [8] §§ 101, 102.

Die Untersuchung elastischer Schwingungen auf Grund vorstehender Gleichungen würde in vielen Fällen umständlicher als notwendig ausfallen. Oft kann man speziellere Formeln verwenden, wie bei Längsschwingungen und Torsionsschwingungen von Stäben, [9] S. 277, 282, 320, 326, oder von Näherungsformeln ausgehen, wie beim Problem der schwingenden Saiten, [9] S. 312, und bei Querschwingungen von Stäben und belasteten oder plötzlich entlasteten Balken, [9] S. 280, 329, 341, 343. Auch eine möglichst genaue Untersuchung der dynamischen Einwirkungen (s. d.) bewegter Lasten auf eiserne Brücken hätte auf Grund solcher Näherungsformeln zu erfolgen.

Litteratur: [1] E. H. u. W. Weber, Wellenlehre auf Experimente gegründet, Leipzig 1825. — [2] Lamé, Cours de physique de l'école polytechnique, II. Akoustique, Théorie physique de la lumière, Paris 1840. — [3] Clebsch, Theorie der Elastizität fester Körper, Leipzig 1862, S. 242 u. f. (französische Ausgabe mit Noten vom Saint-Venant, Paris 1883, S. 468 u. f.). — [4] Lamé, Leçons sur la théorie mathematique de l'élasticité des corps solides, Paris 1866. — [5] Wand, Ueber die Elastizität der festen Körper und die optischen Erscheinungen, München 1868. — [6] Klein, Theorie der Elastizität, Akustik und Optik, Leipzig 1877. — [7] Kirchhoff, Vorlesungen über mathematische Physik, Bd 1. Mechanik, Leipzig 1883; Bd. 2 Optik, Leipzig 1891. — [8] Weyrauch, Theorie elastischer Körper, Leipzig 1884, S. 248 u. f. — [9] Derselbe, Aufgaben zur Theorie elastischer Körper, Leipzig 1885, S. 276 u. f. — [10] Neumann, Vorlesungen über die Theorie der Elastizität der festen Körper und des Lichtäthers, Leipzig

1885. — [11] Winkelmann, Handbuch der Physik, Bd. 1 Mechanik u. Akustik, Leipzig 1891. S. 685 u. f. — [12] Wüllner, Lehrbuch der Experimentalphysik, Bd. 1 Allgemeine Physik u. Akustik, Leipzig 1895, S. 682 u. f. *Weyrauch.*

Elastisches Gewicht, s. Elastizitätsellipse.

Elastizität heisst das Streben der Körper, gewisse durch äussere Kräfte (s. d.) hervorgerufene Gruppirungsänderungen der Teilchen rückgängig zu machen oder auch die Fähigkeit zur Wiederherstellung der ursprünglichen Gruppirung nach Entfernung der äusseren Kräfte. Die Kräfte, welche darauf hinwirken, heissen elastische Kräfte, die rückgängig werdenden Veränderungen elastische Veränderungen, im Gegensatze zu bleibenden Veränderungen (z. B. elastische Formänderungen, Volumenänderungen, Einsenkungen im Gegensatze zu bleibenden Formänderungen, Volumenänderungen, Einsenkungen). Ein Körper würde als vollkommen elastisch oder aber als vollkommen unelastisch zu bezeichnen sein, je nachdem die in Frage kommenden Gruppirungsänderungen wieder vollständig verschwänden oder vollständig blieben. In allen anderen Fällen hat man es mit unvollkommen elastischen Körpern zu thun. Die Gase und Flüssigkeiten werden in Bezug auf Volumenänderungen als vollkommen elastisch behandelt. Ob und in wieweit vollkommen verschwindende Gruppirungsänderungen bei festen Körpern vorkommen, gilt als zweifelhaft; gewöhnlich nimmt man an, dass die auftretenden Gruppirungsänderungen ausser Betracht bleiben dürfen, so lange die Beanspruchungen innerhalb gewisser Grenzen bleiben (s. Elastizitätsgrenze), vorausgesetzt natürlich, dass nicht etwa gesuchte Grössen aus Beziehungen für jene Aenderungen ermittelt werden müssen (s. Balken, Bogen, Fachwerke, statisch unbestimmte, u. s. w.). Die Untersuchungen lassen sich alsdann unter Voraussetzung starrer Körper führen, d. h. solcher angenommener Körper, bei welchen keinerlei Ursachen eine Aenderung der relativen Lage irgendwelcher Teilchen bewirken würden. Ein Körper heisst homogen, wenn er in allen Punkten gleiche Dichtigkeit (s. d.) und gleichen Ursachen gegenüber gleiches elastisches Verhalten zeigt, andernfalls heisst er heterogen. Der Körper heisst isotrop, wenn er in jedem Punkte nach allen Richtungen das gleiche elastische Verhalten zeigt, im andern Falle wird er anisotrop oder heterotrop genannt. Ist das elastische Verhalten in einem Punkte für alle diejenigen Richtungen dasselbe, welche mit einer bestimmten Richtungslinie a irgend welche numerisch gleiche Winkel einschliessen, so heisst a eine Elastizitätsaxe in jenem Punkte. Elastizitätsaxen spielen besonders bei Kristallen eine Rolle; isotrope Körper haben unendlich viele Elastizitätsaxen. Doch können die Konstruktionsmaterialien des Ingenieurs keineswegs ohne weiteres als isotrope Körper angesehen werden; für Walzeisen kommt die Walzrichtung, für Draht die Zugrichtung, für Holz die Faserrichtung in Betracht; Gusseisen, Steine, Beton verhalten sich gegenüber Druck ganz anders als gegenüber Zug u. s. w. Bei Anwendung von Beziehungen für isotrope Körper auf wirkliche Körper ist daher mit Vorsicht zu verfahren und können je nach Umständen Erfahrungskoefficienten nötig werden. Auch auf die Homogenität ist nicht immer zu rechnen; mit verschiedenen Proben aus demselben Materialstücke haben sich oft erheblich verschiedene Resultate ergeben und selbst die Form der Probestücke ist nicht gleichgiltig (vergl. Widerstände). Ueber den Einfluss der Zeit s. u. a. Elastische Nachwirkung. Die Elastizitäts- und Festigkeitsverhältnisse von Metallen können durch Hämmern, Walzen, Strecken, Härten, Ausglühen und manche andere Einwirkungen bedeutende Aenderungen erfahren, welche zum Teil mitunter gegen unsern Willen eintreten. Litteratur s. Elastizitätslehre, allgemeine, und Elastizitäts- und Festigkeitslehre, sowie die übrigen Artikel über Elastizität (auch Zugelastizität, Druckelastizität, Biegungselastizität, Schubelastizität, Torsionselastizität). *Weyrauch.*

Elastizitätsaxe, s. Elastizität.

Elastizitätsellipse. An dem linken Ende des rechts eingespannten Fachwerkträgers BC (Fig. 1) greife die Kraft R an. Dann wirkt im dritten untern Gurtstabe die Kraft $U = Rr : a$ (vergl. Momentenverfahren). Infolge

seiner Elastizität verlängert sich der Stab um die Strecke $\varDelta s = U s : E F$ (E = Elastizitätskoefficient, F = Querschnittsfläche des Stabes). Denkt man sich die übrigen Stäbe unelastisch, so dreht sich der linke Fachwerkteil um den Punkt D. Der Drehungswinkel ist $\varDelta \delta = \varDelta s : a = R r s : E F a^2$. Setzt man: $\frac{s}{E F a^2} = \varDelta g$, so wird $\varDelta \delta = R \cdot r \cdot \varDelta g$. Infolge dieser Drehung verschiebt sich der mit B verbundene Punkt W in der Richtung $W x$ um die Strecke $x = y . \varDelta \delta = R . r . y . \varDelta g$. Fasst man $\varDelta g$ als ein Gewicht („elastisches Gewicht") auf, das im Punkte D angreift, so ist $r . \varDelta g$ das statische Moment dieses Gewichtes, bezogen auf die Richtung der Kraft R, und $r . y . \varDelta g$ dessen Zentrifugalmoment (s. d.) bezogen auf die Kraft- und die Verschiebungsrichtung. Denkt man sich nun sämtliche Stäbe elastisch, berechnet für jeden Stab das Gewicht $\varDelta g$ und belastet sämtliche Drehpunkte mit den ihnen zukommenden Gewichten, so ist der gesamte Drehungswinkel gleich der Kraft R mal dem auf die Kraftrichtung bezogenen statischen Momente des Gesamtgewichtes und die gesamte Verschiebung des Punktes W gleich der Kraft R mal dem auf die Kraftrichtung und die Verschiebungsrichtung bezogenen Zentrifugalmomente des Gesamtgewichtes. Bestimmt man (Fig. 1) für sämtliche Gewichte den Schwerpunkt S und die Trägheitsellipse (s. d.) und setzt $\Sigma(\varDelta g) = g$, so wird der Gesamtdrehungswinkel $\delta = R r_s g$ und die Gesamtverschiebung, wenn A der Antipol (s. Bd. 1, S. 390) der Kraft ist, $x = R r_s y_a g$. Die so entstandene Ellipse heisst Elastizitätsellipse. Legt man die x-Axe durch A, so wird die Verschiebung null; der Punkt W bewegt sich somit senkrecht zu WA und seine Verschiebung kann als eine Drehung um den Antipol A angesehen werden. Fallen Kraft- und Verschiebungsrichtung zusammen, so geht das Zentrifugalmoment in das Trägheitsmoment über. Spannt man das linke Ende des Fachwerks ein und lässt das rechte frei schweben, so gelangt man offenbar zu denselben Gewichten. Die Gewichtssumme g, der Schwerpunkt S und die Elastizitätsellipse sind daher von der Lagerung des Fachwerks unabhängig.

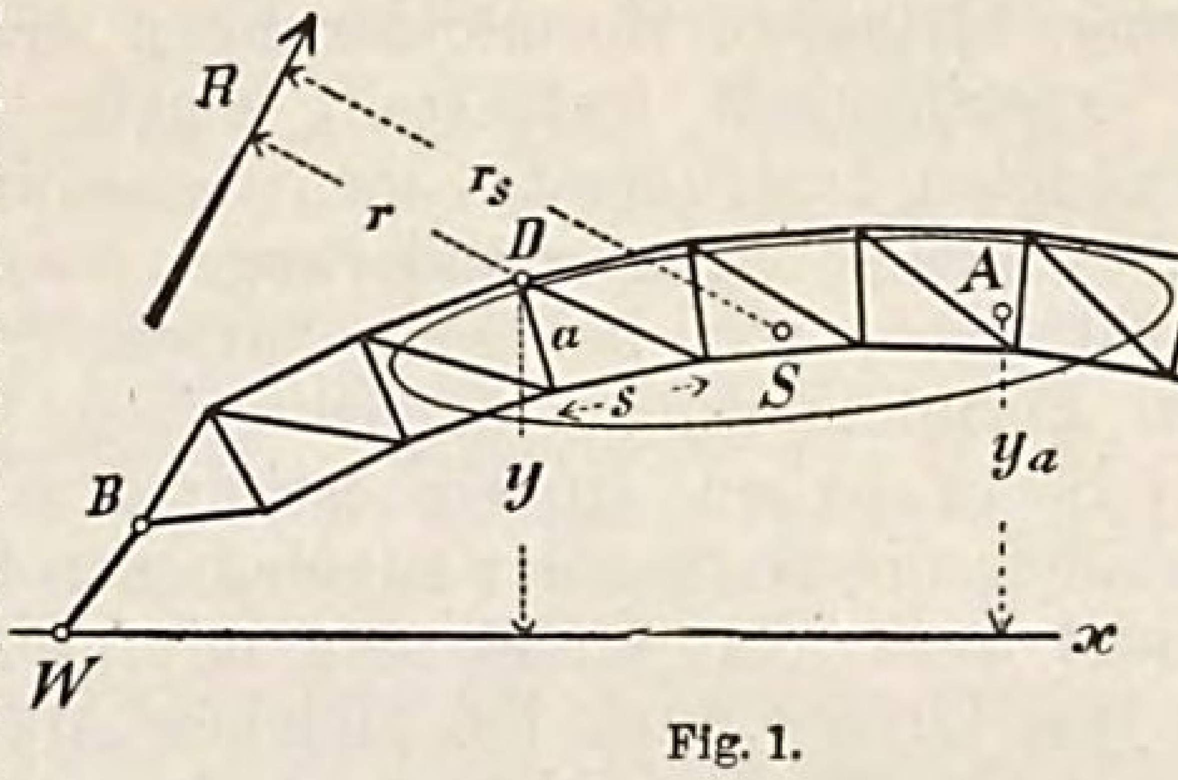


Fig. 1.

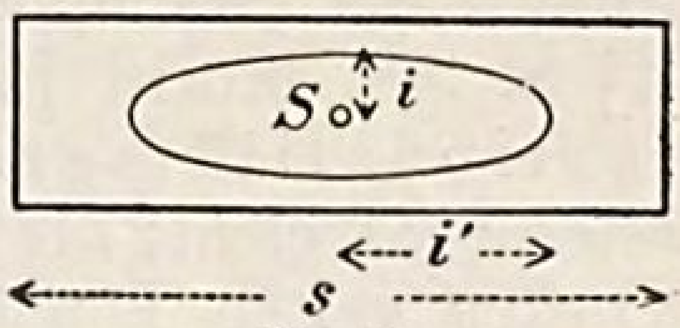


Fig. 2.

Auch für vollwandige Träger lassen sich Elastizitätsellipsen zeichnen. Man teilt den Träger zu diesem Zwecke in einzelne Elemente von annähernd konstantem Querschnitte, bestimmt für jedes von ihnen das elastische Gewicht und die Elastizitätsellipse und setzt diese Gewichte nach den für Trägheitsellipsen geltenden Regeln zusammen. Für ein einzelnes Element (Fig. 2) ist das elastische Gewicht $\varDelta g = s : E J$, wo J das Trägheitsmoment des Querschnitts bezeichnet. Ferner ist $i = \sqrt{\frac{J}{F}}$ gleich dem Trägheitshalbmesser des Querschnitts und $i' = \sqrt{\frac{s^2}{12} + \frac{E J}{G F'}}$ worin G den Gleitmodul und F' eine Fläche bezeichnet, die stets kleiner ist als die Querschnittsfläche F des Trägers. Bei rechteckigem Querschnitt ist $F' = {}^5/_6 F$, bei kreisförmigem gleich ${}^{27}/_{32} F$, bei I-förmigem Querschnitt gleich der Fläche des Steges (vergl. Biegungslinie). Wird der Einfluss der Scherspannungen vernachlässigt, so ist einfacher $i' = \sqrt{{}^1/_{12}}\, s$. Mit Hilfe dieser Angaben lassen sich auch leicht Träger behandeln, die teils fachwerkförmig teils vollwandig gebaut sind.

Die Elastizitätsellipsen leisten bei verschiedenen Aufgaben aus der Statik der Bauwerke nützliche Dienste, so bei der graphischen Berechnung von Bogenträgern (s. d.), bei der Berechnung von Brückenpfeilern, bei der Bestimmung von Durchbiegungen etc.

Litteratur: Culmann, Graph. Statik, 2. Aufl., Zürich 1875. — Ritter, Anwendungen der graph. Statik, Teil 1, S. 150; Teil 2, S. 112, Zürich 1888—90. *Ritter.*

Elastizitätsellipsoid wird mitunter z. B. bei Clebsch, Theorie der Elastizität fester Körper, Leipzig 1862, S. 13, das Spannungsellipsoid (s. d.) genannt.

Elastizitätsfläche, s. Doppelbrechung, Bd. 3, S. 357; Elastizitätsfläche von Fresnel, s. Flächentheorie.

Elastizitätsgrenze für Zug, Druck, Schub u. s. w. wurden früher diejenigen Beanspruchungen per Quadrateinheit oder auch im ganzen genannt, bei deren Ueberschreiten bleibende Formänderungen eintreten, während die Körper nach geringeren Beanspruchungen wieder vollständig in ihren ursprünglichen Zustand zurückkehren sollten. Diese Definition hat sich als unhaltbar erwiesen, eine so scharf bestimmte Grenze existirt nicht. Im Gegenteil haben Hodgkinson [2] S. 9, 14 und Clarke [3] S. 436 schon bei so kleinen Beanspruchuugen bleibende Formänderungen erhalten, dass man sich fragen musste, ob nicht j e d e Beanspruchung bleibende Formänderungen erzeugt. Bis zu welchen Grenzen die letzteren experimentell festgestellt werden können, hängt von der Genauigkeit der verwendeten Instrumente ab. Bauschinger vermochte mit einem Spiegelapparate, welcher Längenänderungen von Stäben bis auf $^1/_{10000}$ mm zu messen gestattete, nur bei sehr hartem Stahl (Werkzeugstahl) anfangs keine bleibenden Formänderungen nachzuweisen, [5] S. 14. Wertheim [1] S. 56 und Styffe [4] S. 30 haben die Unbestimmtheit der Elastizitätsgrenze durch Festsetzungen über die Grösse der zugelassenen bleibenden Formänderungen zu heben gesucht, und noch jetzt findet man mitunter derartige Angaben [7] S. 217, 238; allein da jene Grösse auch bei gleichem Material von der Verwendung desselben und anderen Umständen abhängt, so konnten sie in der Technik keinen Eingang finden. Man pflegt jedoch als Elastizitätsgrenze allgemein Beanspruchungen zu bezeichnen, unter welchen geblieben werden muss, wenn die Formänderungen keine für die angenommenen Zwecke unzulässigen Werte erlangen sollen. Diesem praktischen Standpunkte entspricht es, die Elastizitätsgrenze mit Fairbairn [4] S. 30, Morin [2] S. 2, Bauschinger [5] S. 15, Tetmajer u. A. als P r o p o r t i o n a l i t ä t s g r e n z e aufzufassen, nämlich als diejenige Beanspruchung, unterhalb welcher die elastischen Formänderungen als proportional den erzeugenden Kräften gelten können (bei konstanter Temperatur) und die bleibenden Formänderungen erfahrungsgemäss für die Konstruktionen des Ingenieurs genügend klein bleiben. Für diese Auffassung spricht auch, dass nur unterhalb dieser Proportionalitätsgrenze der Elastizitätsmodul (s. d.) annähernd konstant ist und damit die Beziehungen der Elastizitätslehre (s. d.) ohne weitere Beschränkung oder Nachhilfe durch Erfahrungskoefficienten u. s. w. Giltigkeit haben. Materialien wie Gusseisen, Steine, Beton u. s. w., für welche gegenüber gewissen oder allen Beanspruchungsarten keine Proportionalität existirt, besitzen hiernach gegenüber denselben auch keine Elastizitätsgrenze [5] S. 16. Auch die in dieser Beschränkung verstandene Elastizitätsgrenze ist eine sehr schwankende Grösse. Sie kann z. B. bei Schweisseisen und Flusseisen schon für Proben desselben Materials erheblich verschieden ausfallen und durch mancherlei Einwirkungen wie Härten, Strecken, Zerreissen erhöht, durch andere wie Erwärmen, Erschütterungen wieder herabgesetzt werden. Vergl. [5] und [6] §§ 25, 27, 29, 30 und elastische Nachwirkung, über die Elastizitätsgrenze bei Wechsel von Zug und Druck s. auch E l a s t i z i t ä t s g r e n z e, u r s p r ü n g l i c h e, über dieselbe bei häufig wiederholten Anstrengungen s. F e s t i g k e i t. Sodann gelten die experimentellen Ermittelungen nur für ruhende oder doch ganz allmälich anwachsende Belastung, während über die Elastizitätsgrenze gegenüber dynamischen Einwirkungen weder Theorie noch Erfahrung genügenden Aufschluss geben. Bei Beurteilung von Zahlenangaben über die Elastizitätsgrenze ist nach obigem darauf zu achten, dass diese Bezeichnung in der Litteratur nicht immer die gleiche Bedeutung hat. Auch wurde früher eine scharfe Unterscheidung von Proportionalitätsgrenze und Streckgrenze (Stauchgrenze, Bieggrenze, s. D e h n u n g, D r u c k e l a s t i z i t ä t, B i e g u n g s e l a s t i z i t ä t) im allgemeinen nicht vorgenommen, so dass die Elastizitätsgrenze oft zwischen diesen beiden Stellen angesetzt ist, welche allerdings bei manchen Materialien nahe bei einander liegen. In den Beschlüssen der Münchener und Dresdener Konferenzen für einheitliche Prüfungsmethoden von 1884 und 1886 (München 1887, S. 17) werden jedoch die Ausdrücke Elastizitätsgrenze und Proportionalitätsgrenze bereits als gleichbedeutend verwendet. Wo Zweifel möglich sind, ist der erstere Namen vorzuziehen. Ueber die Elastizitätsgrenze gegen besondere Beanspruchungsarten s. D e h n u n g,

Zugelastizität, Druckelastizität, Biegungselastizität, Schubelastizität, Torsionselastizität, wo auch weitere Litteratur zu finden ist. In neuerer Zeit sind mehrfach theoretische Untersuchungen über Deformationen ohne Proportionalität vorgenommen worden [9]—[12], von welchen die mit Versuchen Tetmajers im Einklange stehende Darstellung der Beziehungen für die Knickfestigkeit von Engesser hervorzuheben ist.

Litteratur: [1] Wertheim, Untersuchungen über die Elastizität, Poggendorffs Annalen, 2. Ergänzungsband, 1848, S. 1, 73, 99, 115, 481. — [2] Morin, Résistance des matériaux, Paris 1853 (zum Teil auch Allgemeine Bauzeitung 1853, S. 196). — [3] v. Kaven, Kollektaneen etc. über Schmiedeeisen, Stahl und Gusseisen, Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Vereins zu Hannover, 1868 S. 433. — [4] Styffe, Die Festigkeitseigenschaften von Eisen und Stahl, Weimar 1870. — [5] Bauschinger, Mitteilungen etc., Heft 13 (Ueber die Veränderung der Elastizitätsgrenze und Festigkeit des Eisens und Stahls durch Strecken und Quetschen, durch Erwärmen und Abkühlen und durch oftmals wiederholte Beanspruchung), München 1886. — [6] Weyrauch, Die Festigkeitseigenschaften und Methoden der Dimensionenberechnung von Eisen- und Stahlkonstruktionen, Leipzig 1889. — [7] Winkelmann, Handbuch der Physik, Bd. 1 (S. 214: Elastizität im allgemeinen), Breslau 1891. — [8] Bach, Elastizität und Festigkeit, Stuttgart 1894. — [9] Thullie, Berechnung der Spannungen der über die Elastizitätsgrenze gebogenen Stäbe, Wochenblatt f. Baukunde 1887, S. 365. — [10] Engesser, Ueber die Nebenspannungen der Fachwerkstäbe bei steifen Knotenverbindungen, Zeitschr. d. Vereins deutscher Ingenieure 1888, S. 813. — [11] Ders., Ueber statisch unbestimmte Träger bei beliebigem Formänderungsgesetze etc., Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Vereins zu Hannover 1889, S. 733. — [12] Ders., Ueber die Knickfestigkeit gerader Stäbe, Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Vereins zu Hannover 1889, S. 455 (s. auch Zeitschr. d. österr. Ing.- u. Arch.-Vereins 1893, S. 506). — Betreffs weiterer Litteratur s. u. a. Elastizitäts- und Festigkeitslehre.
Weyrauch.

Elastizitätsgrenze, ursprüngliche und natürliche. Die Unterscheidung rührt von Bauschinger her [1]. Kommt die Aenderung der Elastizitätsgrenze durch mechanische Behandlung und andere Einwirkungen in Betracht, so nennt Bauschinger ursprüngliche Elastizitätsgrenze diejenige im Anlieferungszustande des Materials. Auf Grund von Versuchen mit Schweisseisen und Bessemerstahl zog er folgende Schlüsse, [1], S. 33, [2], S. 109:

1. Durch Belasten auf Zug oder Druck über die Elastizitätsgrenze hinaus wird die Elastizitätsgrenze für Druck bezw. Zug bedeutend erniedrigt, und um so mehr, je höher jene Belastungen über der betreffenden Elastizitätsgrenze liegen, und werfen schon verhältnismässig geringe Ueberschreitungen der Elastizitätsgrenze für eine Belastungsart die Elastizitätsgrenze für die Belastung im entgegengesetzten Sinne bis auf Null herab. Wenn eine so erniedrigte Elastizitätsgrenze durch Belasten im gleichen Sinne wieder gehoben wurde und dann überschritten wird, so fällt sofort die Elastizitätsgrenze für die Belastung im entgegengesetzten Sinn wieder auf Null oder fast auf Null herab. Die Zeit ist bei diesen Vorgängen ohne oder doch nur von geringem Einfluss, d. h. die durch Zug oder Druck erniedrigte Elastizitätsgrenze für Druck oder Zug hebt sich, wenigstens im Verlaufe der nächsten drei bis vier Tage, nicht wieder und im Verlauf der nächsten Wochen, wenn überhaupt, doch nur wenig (vgl. Elastische Nachwirkung). 2. Durch allmälich anwachsende, zwischen Zug und Druck wechselnde Spannungen kann die Elastizitätsgrenze für entgegengesetzte Beanspruchung erst dann erniedrigt werden, wenn jene Spannungen die ursprüngliche Elastizitätsgrenze überschreiten. 3. Wenn die Elastizitätsgrenze für Zug oder Druck durch vorausgegangene Belastung auf Druck bezw. auf Zug, die über der ursprünglichen Elastizitätsgrenze lag, erniedrigt worden ist, so kann sie durch allmälich anwachsende, zwischen Zug und Druck wechselnde Belastung wieder gehoben werden, aber nur bis zu einer Grenze, die beträchtlich unter der ursprünglichen Elastizitätsgrenze liegt.

Die in Satz 3 erwähnte Grenze nennt Bauschinger die natürliche Elastizitätsgrenze, [1], S. 49. Er sucht dann darzuthun, dass die letztere mit der Schwingungsfestigkeit des Materials (s. Arbeitsfestigkeit) übereinstimmt, [1], S. 49, vgl. [2], S. 116, und [3], S. 3, 86. S. a. Festigkeit und Zugelastizität.

Litteratur: [1] Bauschinger, Mitteilungen etc., Heft 13 (Ueber die Veränderung der Elastizitätsgrenze u. s. w.), München 1886. — [2] Weyrauch, Die Festigkeitseigenschaften und Methoden der Dimensionsberechnung etc., Leipzig 1889. — [3] Tetmajer, Die Baumechanik etc., Zürich 1889.
Weyrauch.

Elastizitätskoefficient, s. Elastizitätsmodul, Dehnungskoefficient, Dehnungsmodul.

Elastizitätskonstanten im allgemeinen (speziellere Bedeutung s. Elastizitätsquotient) werden diejenigen Koefficienten genannt, welche in den Beziehungen zwischen stetigen Spannungen und Verschiebungen bei einem beliebigen Körperpunkte m auftreten.

Nach dem unter Elastizitätslehre, allgemeine, Gesagten sind alle Verschiebungen bei m durch die 9 Verschiebungskomponenten x_x, x_y, x_z, y_x, y_y, y_z, z_x, z_y, z_z, alle

Spannungen daselbst, als Funktionen des anfänglichen Orts der affizirten Flächenelemente, durch die 9 Spannungskomponenten X_x, X_y, X_z, Y_x, Y_y, Y_z, Z_x, Z_y, Z_z bestimmt. Werden nun die Spannungen, wie üblich, als lineare Funktionen der Verschiebungen betrachtet, so könnte ohne sonstige Beschränkungen jede der 9 Spannungskomponenten von jeder der 9 Verschiebungskomponenten abhängen, und beispielsweise ausgedrückt sein $X_x = Ax_x + Bx_y + Cx_z + Dy_x + \ldots$ Es würden also in den Beziehungen zwischen Spannungen und Verschiebungen $9.9 = 81$ Elastizitätskonstanten A, B, C, D ... auftreten. Da jedoch die Untersuchung von Fällen zu genügen pflegt, für welche $X_y = Y_x$, $Y_z = Z_y$, $Z_x = X_z$ und der Deformationszustand bei m durch x_x, y_y, z_z und $g_{xy} = x_y + y_x$, $g_{yz} = y_z + z_y$, $g_{zx} = z_x + x_z$ bestimmt sind, so wird die grösste Anzahl der Elastizitätskonstanten gewöhnlich zu $6.6 = 36$ angegeben. Die Anzahl lässt sich für Körper mit Elastizitätsaxen (s. Elastizität) im allgemeinen, im übrigen unter gewissen Voraussetzungen (Molekulartheorie, Potential) noch weiter reduziren und sinkt für isotrope feste Körper auf 3, bei konstanter Temperatur auf 2 herab, an deren Stelle E, ε oder E, G eingeführt werden können (s. Elastizitätsquotient). Da aus den üblichen Anschauungen der Molekulartheorie $\varepsilon = 4$ oder $G = {}^2/_5 E$ folgt, so bleibt nach Anerkennung derselben bei konstanter Temperatur nur eine vom Material abhängige Elastizitätskonstante. Diskussion der Frage s. besonders [1], [5], [6].

Litteratur: [1] Navier, Résumé des leçons etc., avec des notes et des appendices de Saint-Venant, Paris 1864, S. 645. — [2] Winkler, Die Lehre von der Elastizität und Festigkeit, Prag 1867, S. 23. — [3] Kirchhoff, Vorlesungen über mathematische Physik, Bd. 1, Mechanik, Leipzig 1877, S. 389. — [4] Grashof, Theorie der Elastizität und Festigkeit, Berlin 1878, S. 21. — [5] De Saint-Venant, Des paramètres d'élasticité des solides et de leur détermination expérimentale, Comptes rendus 1878, LXXXVI, S. 781. — [6] Clebsch, Théorie de l'élasticité des corps solides, avec des notes étendues de Saint-Venant, Paris 1883, S. 36, 57, 63. — [7] Voigt, Kompendium der theoretischen Physik, Bd. 1, Leipzig 1895, S. 330. *Weyrauch.*

Elastizitätslehre, allgemeine, die Lehre von den elastischen Kräften, Formänderungen, Volumenänderungen und Bewegungen beliebiger wirklicher (d. h. nicht starrer) Körper. Sie hat also sowohl die Beziehungen der Elastizitäts- und Festigkeitslehre (s. d.) wie die Gesetze elastischer Schwingungen (s. d.), einschliesslich von Schall- und Lichtschwingungen, zu umfassen, und auch thermodynamischen Zustandsänderungen Rechnung zu tragen. Demgemäss sind ihre Voraussetzungen möglichst zu beschränken.

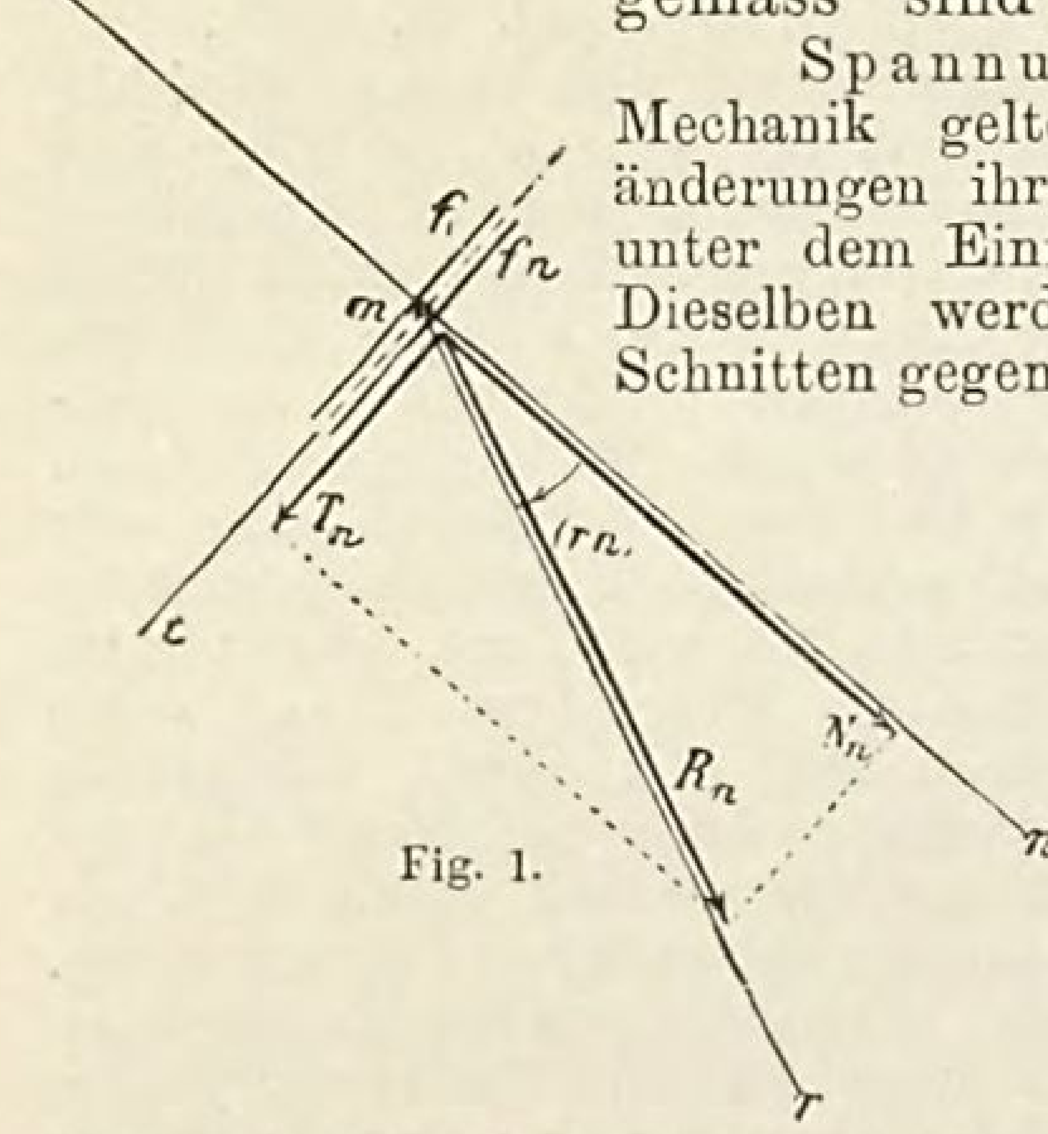


Fig. 1.

Spannungen. Es mögen zunächst nur die Grundgesetze der reinen Mechanik gelten. Die Widerstände, welche die Körper Gruppirungsänderungen ihrer Teilchen entgegensetzen (s. Elastizität), zeigen, dass unter dem Einflusse der äusseren Kräfte (s. d.) innere Kräfte entstehen. Dieselben werden für die in beliebigen durch den Körper gedachten Schnitten gegen einander liegenden Flächenelemente irgend welche Flächenkräfte erzeugen (s. Druck) und so auch die Wirkung der äusseren Kräfte weiter tragen. Diese Flächenkräfte per Flächeneinheit oder spezifischen Flächenkräfte heissen Spannungen. Man bezeichnet sie bei allgemeinen Untersuchungen zweckmässig derart, dass die Hauptbezeichnung ihrer Richtung entspricht, während der Index die Normalenrichtung (Richtung der Normalen) des affizirten Flächenelements von einem anliegenden Bezugspunkte m aus angibt (Fig. 1). Für Normalspannungen (Spannungen normal ihren Flächenelementen) stimmen Hauptbezeichnung und Index überein; sie werden im folgenden als positiv oder negativ angesehen, je nachdem sie Zug oder Druck bedeuten (s. Druck). Jede Spannung lässt sich in Komponenten parallel den Axrichtungen eines rechtwinkeligen Koordinatensystems zerlegen, auf welches das Gleichgewicht oder die Bewegung des betrachteten Körpers bezogen wird. Es sind dann nach obiger Festsetzung die Spannungskomponenten in den Richtungen

	x	y	z
für Flächenelemente der Normalenrichtung $n = x$:	X_x	Y_x	Z_x
„ „ „ „ $n = y$:	X_y	Y_y	Z_y
„ „ „ „ $n = z$:	X_z	Y_z	Z_z

Bezeichnen ferner für ein Körperelement beim Punkte m (x, y, z) μ die spezifische Masse (Masse der Volumeneinheit, s. Dichtigkeit), X, Y, Z die spezifischen Massenkräfte (Massenkräfte per Masseneinheit, s. Aeussere Kräfte, materielles System) und u, v, w die Geschwindigkeitskomponenten in den Richtungen x, y, z, dann liefern die Grundgleichungen der Mechanik zwischen Kräften und Beschleunigungen unter Anerkennung des Newton'schen Prinzips der Gleichheit von Aktion und Reaktion für die Spannungen auf Flächenelemente der Normalenrichtungen x, y, z, [7] S. 28:

$$\left.\begin{aligned}\frac{\partial X_x}{\partial x} + \frac{\partial X_y}{\partial y} + \frac{\partial X_z}{\partial z} &= \mu\left(\frac{du}{dt} - X\right),\\ \frac{\partial Y_x}{\partial x} + \frac{\partial Y_y}{\partial y} + \frac{\partial Y_z}{\partial z} &= \mu\left(\frac{dv}{dt} - Y\right),\\ \frac{\partial Z_x}{\partial x} + \frac{\partial Z_y}{\partial y} + \frac{\partial Z_z}{\partial z} &= \mu\left(\frac{dw}{dt} - Z\right),\end{aligned}\right\} \qquad 1.$$

und für die Komponenten der resultirenden Spannung R_n auf ein Flächenelement beliebiger Normalenrichtung n bei m in den Richtungen x, y, z [7] S 29:

$$\left.\begin{aligned} X_n &= R_n \cos(r\,x) = X_x \cos(n\,x) + X_y \cos(n\,y) + X_z \cos(n\,z), \\ Y_n &= R_n \cos(r\,y) = Y_x \cos(n\,x) + Y_y \cos(n\,y) + Y_z \cos(n\,z), \\ Z_n &= R_n \cos(r\,z) = Z_x \cos(n\,x) + Z_y \cos(n\,z) + Z_z \cos(n\,z), \end{aligned}\right\} \qquad 2.$$

worin r die Richtung der als Absolutwert aufzufassenden Totalspannung R_n bedeutet, während der Winkel einer Richtung g mit einer gegebenen Richtung g_0 allgemein durch $(g\,g_0)$ bezeichnet wird (Fig. 1). Die Komponente von R_n in beliebiger Richtung s ist:

$$S_n = R_n \cos(r\,s) = X_n \cos(s\,x) + Y_n \cos(s\,y) + Z_n \cos(s\,z), \qquad 3.$$

wonach beispielsweise die Normalspannung mit $s = n$:

$$N_n = R_n \cos(r\,n) = X_n \cos(n\,x) + Y_n \cos(n\,y) + Z_n \cos(n\,z). \qquad 4.$$

Sind die Spannungen stetige Funktionen des durch die Koordinaten und Normalenrichtungen bestimmten augenblicklichen Orts ihrer Flächenelemente, und in 1. die Ausdrücke rechts den X_n, Y_n, Z_n gegenüber nicht unendlich gross, dann gelten die Gleichungen 2. mit konstanten Werten der rechtsseitigen Spannungen für alle m (x, y, z) unendlich nahe liegenden Flächenelemente beliebiger Normalenrichtungen n und für die Schubspannungen (Spannungen längs der Flächenelemente, vergl. Druck) [7] S. 30:

$$X_y = Y_x, \qquad Y_z = Z_y, \qquad Z_x = X_z. \qquad 5.$$

Durch die Spannungen auf drei zu einander senkrechte Flächenelemente bei einem beliebigen Punkte m sind dann nach 2. die Spannungen auf alle andere Flächenelemente daselbst bestimmt. S. auch Spannungsellipsoid, Näheres [7] Abschnitte I, II.

Verschiebungen. Die Wege der Körperpunkte in Hinsicht des angenommenen Koordinatensystems werden Verrückungen genannt, während die relativen Wege der Körperpunkte n hinsichtlich eines Körperpunktes m per Einheit der ursprünglichen Entfernung $m\,n$ Verschiebungen heissen. Die Beobachtung zeigt nun, dass Verrückungen und Verschiebungen beim Uebergange von einem Punkte zu einem benachbarten ihre Werte nicht plötzlich ändern, dass dieselben stetige Funktionen des Orts sind, abgesehen von gewissen Unstetigkeitsschnitten wie Risse, Gelenke u. s. w. Die folgenden Beziehungen setzen voraus, dass die betrachteten Punkte nicht auf verschiedenen Seiten solcher Unstetigkeitsschnitte liegen. Vor Eintritt der untersuchten Gruppirungsänderungen mögen die Koordinaten eines Körperpunktes m durch x, y, z, und diejenigen eines von ihm aus in der Richtung n um dn entfernten Punktes n durch $x + dx$, $y + dy$, $z + dz$ bezeichnet sein (Fig. 2). Infolge der fraglichen Bewegungen sei der Punkt m nach $x + \xi$, $y + \eta$, $z + \zeta$ gelangt. Werden nun die Verrückungen ξ, η, ζ und ihre Differentialquotienten nach x, y, z als stetige Funktionen des Orts vorausgesetzt, derart, dass z. B. mit $\xi = f(x, y, z)$ dem Taylor'schen Satze entsprechend gilt:

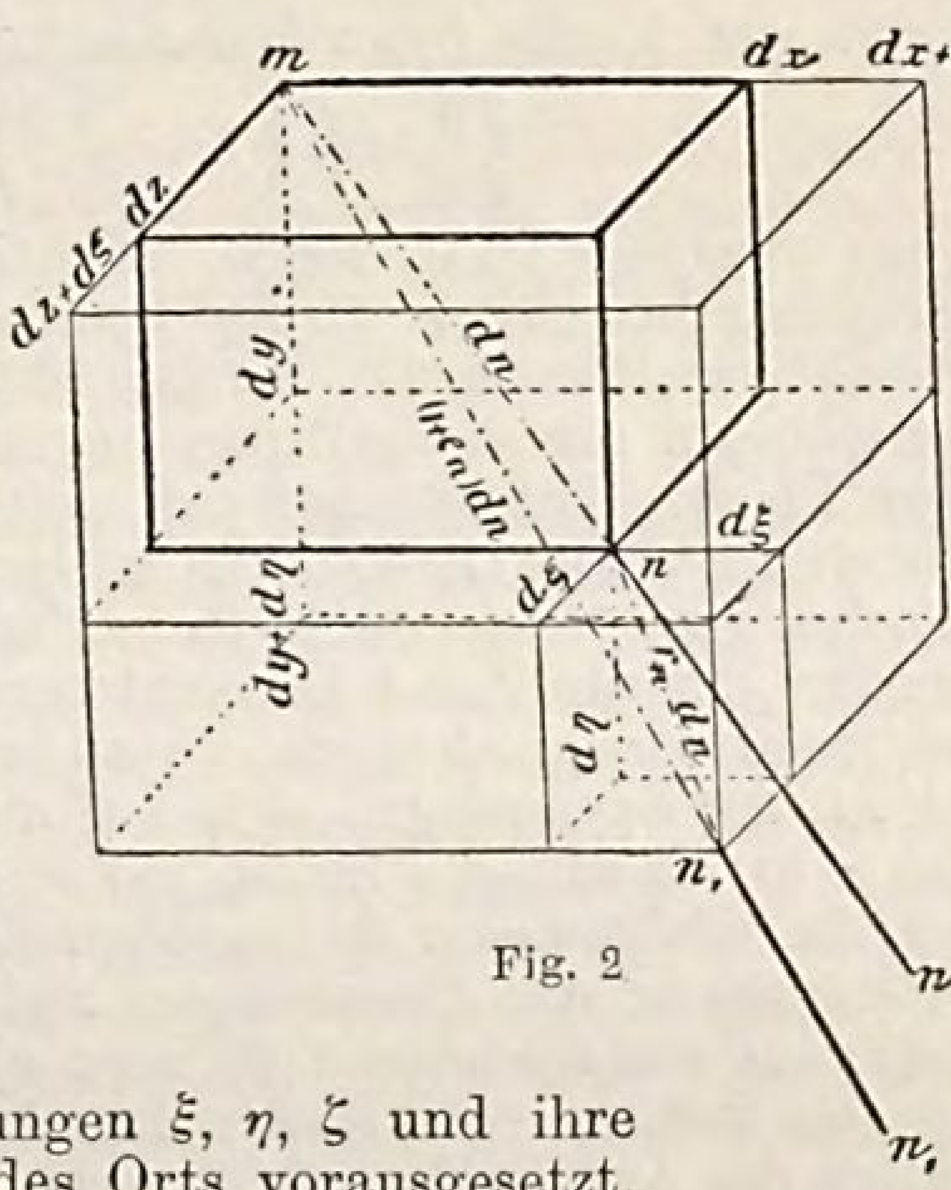


Fig. 2

$$f(x + dx, y + dy, z + dz) = \xi + \frac{\partial \xi}{\partial x} dx + \frac{\partial \eta}{\partial y} dy + \frac{\partial \zeta}{\partial z} dz + \ldots = \xi + d\xi + \ldots,$$

und hierin die nicht angeschriebenen Glieder der Reihe als kleine Grössen höherer Ordnung vernachlässigt werden dürfen, dann sind die relativen Wege von n gegen m per Einheit der ursprünglichen Entfernung dn, d. h. die Verschiebungen von n gegen m in den Richtungen x y z:

$x_n = \dfrac{d\xi}{dn}$, $y_n = \dfrac{d\eta}{dn}$, $z_n = \dfrac{d\zeta}{dn}$, oder, wenn r, r_n Richtung und Absolutwert der resultirenden Verschiebung von n gegen m bedeuten (Fig 2), und die vollständigen Differentiale durch die drei partiellen Differentiale nach x, y, z ersetzt werden [7] S. 56:

$$\left.\begin{aligned} x_n &= r_n \cos(r\,x) = \frac{\partial \xi}{\partial x} \cos(n\,x) + \frac{\partial \xi}{\partial y} \cos(n\,y) + \frac{\partial \xi}{\partial z} \cos(n\,z), \\ y_n &= r_n \cos(r\,y) = \frac{\partial \eta}{\partial x} \cos(n\,x) + \frac{\partial \eta}{\partial y} \cos(n\,y) + \frac{\partial \eta}{\partial z} \cos(n\,z), \\ z_n &= r_n \cos(r\,z) = \frac{\partial \zeta}{\partial x} \cos(n\,x) + \frac{\partial \zeta}{\partial y} \cos(n\,y) + \frac{\partial \zeta}{\partial z} \cos(n\,z). \end{aligned}\right\} \qquad 6.$$

Die Differentialquotienten auf den rechten Seiten dieser Gleichungen sind die Werte von x_n, y_n, z_n speziell für $n = x, y, z$, denn man erhält aus 6.

$$\left.\begin{aligned} &\text{für } n = x: \quad x_x = \frac{\partial \xi}{\partial x}, \quad y_x = \frac{\partial \eta}{\partial x}, \quad z_x = \frac{\partial \zeta}{\partial x}, \\ &\;\;\text{„} \quad n = y: \quad y_x = \frac{\partial \xi}{\partial y}, \quad y_y = \frac{\partial \eta}{\partial y}, \quad z_y = \frac{\partial \zeta}{\partial y}, \\ &\;\;\text{„} \quad n = z: \quad z_x = \frac{\partial \xi}{\partial z}, \quad y_z = \frac{\partial \eta}{\partial z}, \quad z_z = \frac{\partial \zeta}{\partial z}. \end{aligned}\right\} \qquad 7.$$

Die Komponente der Totalverschiebung r_n in beliebiger Richtung s ist:

$$s_n = r_n \cos(r\,s) = x_n \cos(s\,x) + y_n \cos(s\,y) + z_n \cos(s\,z), \qquad 8.$$

wonach beispielsweise die Komponente von r_n in der ursprünglichen Richtung n des Punktes n von m aus (Fig. 2), die Normalverschiebung, mit $s = n$:

$$n_n = r_n \cos(rn) = x_n \cos(nx) + y_n \cos(ny) + z_n \cos(nz). \qquad 9.$$

Durch die Differentialquotienten oder Verschiebungen 7. für drei zu einander senkrechte Richtungen bei einem beliebigen Punkte m sind nach 6. die Verschiebungen unendlich benachbarter Punkte in allen anderen Richtungen von m aus bestimmt. S. auch Verschiebungsellipsoid, Dehnung. Näheres [7], Abschnitte I, III. Bei den angewendeten Bezeichnungen der Verschiebungen entspricht die Hauptbezeichnung einer Verschiebung deren Richtung, der Index der anfänglichen Richtung des verschobenen Punktes vom Bezugspunkte m aus.

Beziehungen zwischen Spannungen und Verschiebungen. Aus der stetigen Veränderlichkeit der Verschiebungen schliesst man auf die stetige Veränderlichkeit der sie erzeugenden Spannungen, womit alle bisherigen Resultate ohne Rücksicht auf Proportionalität oder sonstige besondere Beziehungen zwischen Spannungen und Verschiebungen gelten. Um letzteren Zusammenhang zu erforschen und die obigen Gleichungen in geeignete Formen für die interessirenden Körper und Probleme zu bringen, ist man sowohl auf Grund der Erfahrung (vgl. [7], Abschnitt VI) als von Anschauungen der Molekulartheorie (z. B. in [7], Abschnitt VII) ausgegangen. — Als vollkommene Flüssigkeiten bezeichnet man Körper, in welchen nur normal den affizirten Flächenelementen wirkende Druckspannungen vorkommen. Für solche liefern die Gleichungen 2., 4. mit $\cos(rx) = -\cos(nx)$, $\cos(ry) = -\cos(ny)$, $\cos(rz) = -\cos(nz)$ und $X_y = Y_x = Y_z = Z_y = Z_x = X_z = 0$ die Normalspannungen auf beliebig gerichtete Flächenelemente gleich gross:

$$X_x = Y_y = Z_z = N_n = -R_n = -p, \qquad 10.$$

womit aus 1. die hydrodynamischen Grundgleichungen (vergl. Hydrodynamik) entstehen:

$$\frac{\partial p}{\partial x} = \mu\left(X - \frac{du}{dt}\right), \quad \frac{\partial p}{\partial y} = \mu\left(Y - \frac{dv}{dt}\right), \quad \frac{\partial p}{\partial z} = \mu\left(Z - \frac{dw}{dt}\right), \qquad 11.$$

neben welchen die sogen. Kontinuitätsgleichung und eine von der Körperart abhängige Beziehung besteht, z. B. für Gase das Boyle-Gay-Lussac'sche Gesetz (s. d.). Ueber reibende Flüssigkeiten s. [7], S. 46, 159. — Während die gewöhnliche Ableitung der allgemeinen Beziehungen für stetige Spannungen die letzteren als Funktionen des augenblicklichen Orts ihrer Flächenelemente auffasst, gehen die allgemeinen Beziehungen für stetige Verschiebungen von den anfänglichen Orten der verschobenen Punkte aus. Es zeigt sich jedoch, dass die Gleichungen 1.—4. auch dann bestehen, wenn die nach stetigen Verrückungen und Verschiebungen zur Zeit t betrachteten Körper- und Flächenelemente nicht augenblicklich, sondern vor jenen Verschiebungen, zu einer Zeit t_0, die Koordinaten x, y, z und Normalenrichtungen n hatten, die Spannungen sich auf die Quadrateinheit der Flächenelemente zur Zeit t_0 beziehen, und μ die spezifische Masse bei x, y, z zu dieser Zeit bedeuten. Näheres s. [7], Abschnitt IV. Nur die Gleichungen 5 brauchen dann nicht allgemein zuzutreffen, [7], §§ 48—50, 57—60. Bei Untersuchung der Beziehungen zwischen stetigen Spannungen und Verschiebungen hat man nun zwar stets beiderlei Grössen als Funktionen derselben Variabeln behandelt, welche dann nur der Zeit t_0 entsprechen konnten, die Ableitungen aber auf Fälle beschränkt, für welche infolge der Art der Verschiebungen, der geringen Grösse derselben oder des genügend befundenen Näherungsgrades auch die Gleichungen 5. als zutreffend galten. Für beliebige isotrope Körper lassen sich alsdann die Beziehungen zwischen Spannungen und Verschiebungen unter die Formen bringen [7], § 36:

$$\left.\begin{aligned} X_x &= 2Gx_x - p = 2G\frac{\partial \xi}{\partial x} - p, \\ Y_y &= 2Gy_y - p = 2G\frac{\partial \eta}{\partial y} - p, \\ Z_z &= 2Gz_z - p = 2G\frac{\partial \zeta}{\partial z} - p, \end{aligned}\right\} 12. \qquad \left.\begin{aligned} X_y &= G(x_y + y_x) = G\left(\frac{\partial \xi}{\partial y} + \frac{\partial \eta}{\partial x}\right) = Y_x, \\ Y_z &= G(y_z + z_y) = G\left(\frac{\partial \eta}{\partial z} + \frac{\partial \zeta}{\partial y}\right) = Z_y, \\ Z_x &= G(z_x + x_z) = G\left(\frac{\partial \zeta}{\partial x} + \frac{\partial \xi}{\partial z}\right) = X_z, \end{aligned}\right\} 13.$$

worin G, der Gleichungskoefficient oder Schubelastizitätsmodul (s. Elastizitätsmodul), innerhalb der betrachteten Verschiebungen als konstant angenommen wird (eventuell Mittelwert). Mit diesen Ausdrückungen, sowie

$$\frac{du}{dt} = \frac{\partial^2 \xi}{\partial t^2}, \qquad \frac{dv}{dt} = \frac{\partial^2 \eta}{\partial t^2}, \qquad \frac{dw}{dt} = \frac{\partial^2 \zeta}{\partial t^2},$$

und den Bezeichnungen:

$$\omega = x_x + y_y + z_z = \frac{\partial \xi}{\partial x} + \frac{\partial \eta}{\partial y} + \frac{\partial \zeta}{\partial z}, \qquad 14.$$

$$\Delta^2 \varphi = \frac{\partial^2 \varphi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \varphi}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \varphi}{\partial z^2} \qquad 15.$$

(bezüglich ω s. Dilatation) entstehen aus 1. folgende Hauptgleichungen für elastische Bewegungen beliebiger isotroper Körper:

$$\left.\begin{aligned} G\left(\Delta^2 \xi + \frac{\partial \omega}{\partial x}\right) - \frac{\partial p}{\partial x} &= \mu\left(\frac{\partial^2 \xi}{\partial t^2} - X\right), \\ G\left(\Delta^2 \eta + \frac{\partial \omega}{\partial y}\right) - \frac{\partial p}{\partial y} &= \mu\left(\frac{\partial^2 \eta}{\partial t^2} - Y\right), \\ G\left(\Delta^2 \zeta + \frac{\partial \omega}{\partial z}\right) - \frac{\partial p}{\partial z} &= \mu\left(\frac{\partial^2 \zeta}{\partial t^2} - Z\right). \end{aligned}\right\} 16.$$

In 12, 13, 16 hat man für vollkommene Flüssigkeiten, [7], §§ 57, 60, 65:

$$G = 0, \qquad 17.$$

für isotrope feste Körper auf Grund der Erfahrung, bei Zulassung von Temperaturänderungen τ gegenüber der dem spannungslosen Zustande entsprechenden Normaltemperatur, [7], §§ 48, 50, 65:

$$p = J\tau - 2G\frac{\omega}{\varepsilon - 2} \text{ mit } 2G = E\frac{\varepsilon}{\varepsilon + 1},\ J = E\alpha\frac{\varepsilon}{\varepsilon - 2}, \qquad 17.$$

worin E der Elastizitätsmodul (s. d.), α der lineare Ausdehnungskoefficient (s. d.) welche wie G für die betrachteten Verschiebungen konstant vorausgesetzt werden (Mittelwerte). Für beliebige isotrope Körper ergibt die übliche Annahme, dass bei konstanter Temperatur die Wechselwirkung zwischen zwei Körperpunkten nur von deren Massen und Entfernung abhängt, bei Zulassung von Temperaturänderungen, [7], §§ 57, 65:

$$p = P + J\tau - G\omega \qquad 18.$$

worin ebenfalls P, J, G Konstante. Ohne Verrückungen und Temperaturänderungen sind nach 12., 13., 18. die Spannungen für alle Flächenelemente bei einem Punkte m gleich grosse Normalspannungen P, während speziell für feste Körper dies P gleich Null sein soll und damit ein spannungsloser Zustand als möglich vorausgesetzt wird. Die Uebereinstimmung von 17. und 18. für isotrope feste Körper verlangt, dass für solche $\varepsilon = 4$ und damit $G = \frac{2}{5}E$ sei, wie dies schon Poisson abgeleitet hat (vergl. Elastizitätsquotient). Uebrigens lässt sich analog 17. für beliebige isotrope Körper ableiten, [8] A 59:

$$p = P + J\tau - 2G\frac{\omega}{\varepsilon - 2} \text{ mit } 2\,G = E\frac{\varepsilon}{\varepsilon + 1},\ J = E\alpha\frac{\varepsilon}{\varepsilon - 2} \qquad 19.$$

und liefert dann der Vergleich mit 18. auch für diese $\varepsilon = 4$, $G = \frac{2}{5}E$. Vergl. [8] A 73.

Ueber nicht isotrope Körper mit und ohne Elastizitätsaxen s. [7], Abschnitt VII, über die bei Formänderungen beliebiger Körper in Betracht kommenden Arbeiten, lebendigen Kräfte und sonstigen Formen von Energie [7], Abschnitte V, VIII (vergl. Verschiebungsarbeit, Clapeyrons Theorem, Energie, Aeussere Arbeit u. s. w.), Spezialisirung obiger Gleichungen für elastische Schwingungen [7], Abschnitt XII (vergl. Elastische Schwingungen), zahlreiche Anwendungen derselben und weitere Beziehungen für elastische Körper in [8] und der übrigen nachstehenden Litteratur.

Litteratur: [1] Lamé, Leçons sur la théorie mathématique d'élasticité des corps solides, Paris 1852 (2. édition Paris 1866). — [2] Clebsch, Theorie der Elastizität fester Körper, Leipzig 1862 (französische Ausgabe mit umfassenden Anmerkungen von Saint-Venant, Paris 1883). — [3] Beer, Einleitung in die mathematische Theorie der Elastizität und Kapillarität, Leipzig 1869. — [4] Grashof, Hydraulik nebst mechanischer Wärmetheorie und allgemeiner Theorie der Heizung, Leipzig 1875. — [5] Kirchhoff, Vorlesungen über mathematische Physik, I, Mechanik, Leipzig 1877. — [6] Thomson u. Tait, Treatise on natural philosophy, Cambridge 1879—1883 (deutsch von Helmholtz u. Wertheim nach der Ausgabe von 1867, Braunschweig 1871—1874). — [7] Weyrauch, Theorie elastischer Körper, Leipzig 1884. — [8] Weyrauch, Aufgaben zur Theorie elastischer Körper, Leipzig 1885. — [9] Neumann, Vorlesungen über die Theorie der Elastizität der festen Körper und des Lichtäthers, Leipzig 1885. — [10] Boussinesq, Application des potentiels à l'étude de l'équilibre et du mouvement des solides élastiques, Paris 1885. — [11] Todhunter u. Pearson, A History of the theory of Elasticity and of the strength of materials, I Galilei to Saint-Venant, Cambridge 1886. — [12] Mathieu, Théorie de l'élasticité des corps solides, Paris 1890. — [13] Poincaré, Leçons sur la théorie de l'élasticité, Paris 1892. — [14] Gibs, Thermodynamische Studien, deutsch von Oswald, Leipzig 1892. — [15] Love, A treatise on the mathematical theory of Elasticity, Cambridge 1892—1893. — [16] Voigt, Kompendium der mathematischen Physik I, Leipzig 1895 (2. Teil: Mechanik nicht starrer Körper). — S. auch Elastizitäts- und Festigkeitslehre, Elastische Schwingungen; zahlreiche Lehrbücher der Mechanik und Physik (Violle, Winkelmann u. s. w.) geben Auszüge der Elastizitätslehre.

Weyrauch.

Elastizitätsmodul (Spezielle Darstellung für Zug, Druck, Schub s. Dehnung, Druckelastizität, Schubelastizität). Als feste Körper bezeichnet man in der Elastizitätslehre Körper, für welche die Möglichkeit eines spannungslosen Zustandes angenommen wird. Von diesem Zustande aus werden die Gruppirungsänderungen der Teilchen bei den meisten Untersuchungen gerechnet. Von einem beliebigen Körperpunkte m aus sei im spannungslosen Zustande ein unendlich kleines Parallelepipedon der Kantenlängen a, b, c abgegrenzt (Fig. 1 u. 2). Dasselbe kann durch Kräfte auf die Seitenflächen und Temperaturänderungen Deformationen erleiden. Angenommen, die elastische Deformation sei allein erzeugt durch parallel der Kante a wirkende, auf die zu ihr senkrechten Endflächen gleichmässig verteilte Kräfte von P per Quadrateinheit, welche für Zug als positiv gelten. Erzeugt dann eine

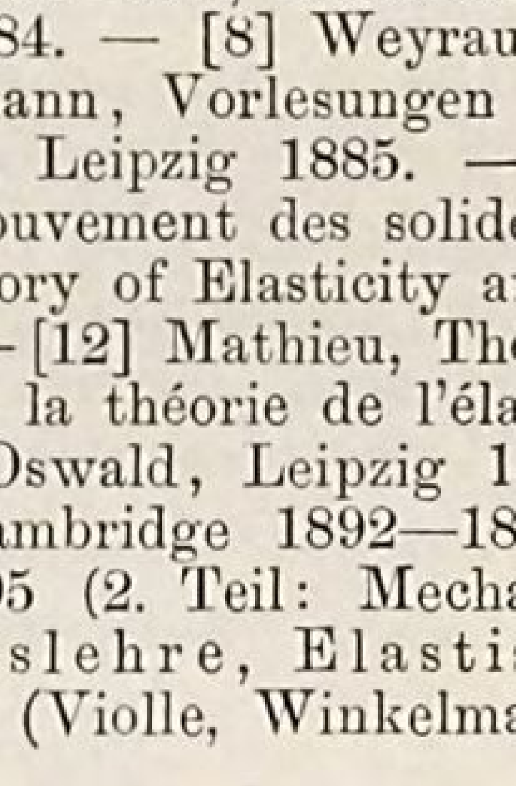


Fig. 1.

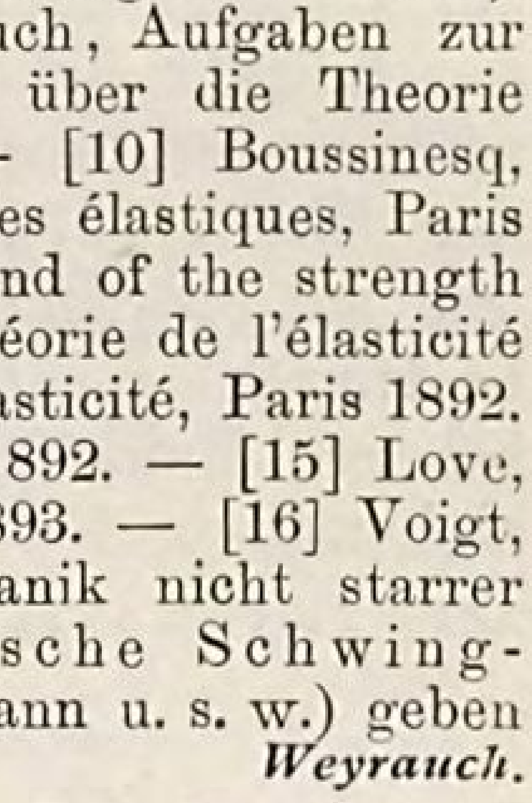


Fig. 2.

Aenderung dP der Normalspannung P weitere elastische Deformationen da, db, dc, wobei Zunahmen positiv zu rechnen sind, und werden gesetzt, [1], S. 119:

$$\frac{da}{a}=\frac{dP}{E}, \qquad \frac{db}{b}=-\frac{dP}{\varepsilon E}, \qquad \frac{dc}{c}=-\frac{dP}{\nu E}, \qquad 1.$$

dann heisst E der Elastizitätsmodul für die Richtung a, während ε, ν die Elastizitätsquotienten für die Richtungen b, c bezeichnen. Mitunter werden E Elastizitätskoefficient, Dehnungsmodul, $1/E$ Elastizitätskoefficient, Dehnungskoefficient, ε, ν Elastizitätskonstanten, Elastizitätszahlen u. s. w. genannt. Da nach vorstehenden Gleichungen:

$$E=a\frac{dP}{da}, \qquad \varepsilon=-\frac{da}{a}\frac{b}{db}, \qquad \nu=-\frac{da}{a}\frac{c}{dc}, \qquad 2.$$

so bedeuten für die fragliche Art der Beanspruchung und Deformation: E das Verhältnis der Spannungsänderung dP zur entsprechenden Dehnungsänderung $\frac{\Delta a}{a}$ (Dehnung = Längenänderung per Längeneinheit), $1/E$ das Verhältnis der Dehnungsänderung $\frac{da}{a}$ zur entsprechenden Spannungsänderung dP, ε und ν die Verhältnisse der spezifischen Längenänderung $\frac{da}{a}$ zu den negativen Werten der zugehörigen spezifischen Breitenänderungen in den Richtungen b, c, d. h. zu $-\frac{db}{b}$ und $-\frac{dc}{c}$, also bei ziehenden P die Verhältnisse der spezifischen Verlängerung in der Beanspruchungsrichtung a zu den entsprechenden spezifischen Zusammenziehungen in den dazu senkrechten Richtungen b, c. Werden anstatt der möglicherweise veränderlichen E, ε, ν konstante Mittelwerte eingeführt, welche vom spannungslosen Zustande aus die gleichen schliesslichen Aenderungen a, b, c durch die P bedingen, dann hat man nach 1.:

$$\frac{\Delta a}{a}=\frac{P}{E}, \qquad \frac{\Delta b}{b}=-\frac{P}{\varepsilon E}, \qquad \frac{\Delta c}{c}=-\frac{P}{\nu E} \qquad 3.$$

und nach 2.:

$$E=P\frac{a}{\Delta a}, \qquad \varepsilon=-\frac{b}{a}\frac{\Delta a}{\Delta b}, \qquad \nu=-\frac{c}{a}\frac{\Delta a}{\Delta c} \qquad 4.$$

wonach der Elastizitätsmodul auch das Verhältnis der ursprünglichen Länge a zur Längenänderung Δa durch die Spannung $P=1$ bedeutet. Soll die Elastizität der Körper als um so grösser gelten, je grössere Kräfte auf Rückgängigmachung bestimmter elastischer Formänderungen hinwirken, dann bildet nach 1., 3. der Elastizitätsmodul E ein Mass der Elastizität. Wird jedoch ein Körper um so elastischer genannt, je grösser die elastischen Deformationen durch bestimmte Kräfte sind, dann ist nach 1., 2. $1/E$ als Mass der Elastizität anzusehen. Beide Auffassungen kommen in der Litteratur vor. Sind die E für ziehende und drückende P nicht als gleich anzunehmen (vergl. Zugelastizität, Druckelastizität), dann werden sie durch die Namen Zugelastizitätsmodul und Druckelastizitätsmodul unterschieden. Die gebräuchlichen Formeln der allgemeinen Elastizitätslehre (s. d.) setzen jedoch eine solche Gleichheit voraus.

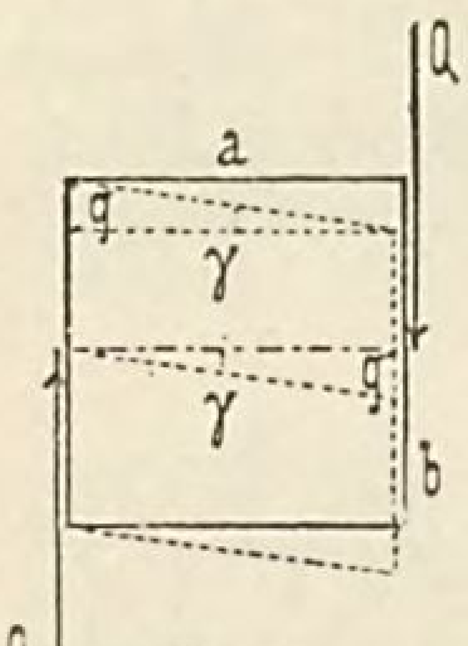


Fig. 3.

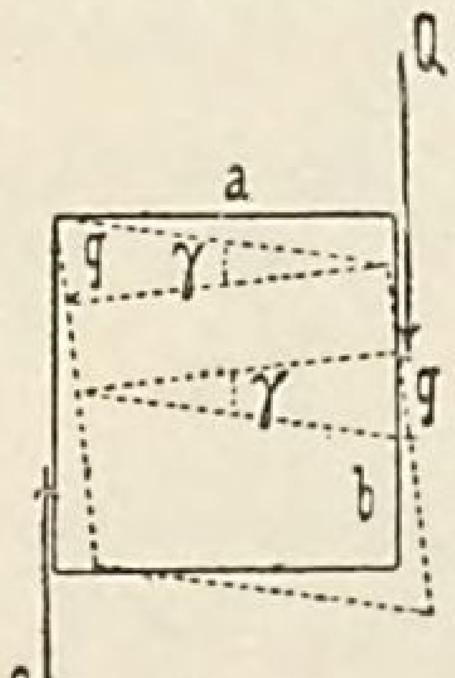


Fig. 4.

Fand die elastische Deformation des betrachteten Parallelepipeds oder sonstigen Prismas anstatt wie oben durch gleichmässig verteilte Normalkräfte auf die Flächen senkrecht zu a allein durch gleichmässig verteilte Schubkräfte längs dieser Flächen von Q pro Quadrateinheit in beliebiger Richtung b statt (Fig. 3 u. 4), und erzeugt eine Aenderung dQ der Schubspannung Q eine weitere elastische Bewegung jener Flächen längs einander um dq in der Richtung b, dann heisst in

$$\frac{dq}{a}=\frac{dQ}{G}, \qquad G=a\frac{dQ}{dq} \qquad 5.$$

G der Schubelastizitätsmodul für Flächen senkrecht zu a in der Richtung b. Derselbe bedeutet also das Verhältnis der Spannungsänderung dQ zur entsprechenden Gleitungsänderung $\frac{dq}{a}$, wobei unter Gleitung $\frac{q}{a}$ die Längsbewegung

per Entfernungseinheit der verschobenen Flächen, d. h. auch die Tangente des in Fig. 3 u. 4 angedeuteten Winkels γ verstanden ist oder bei den gewöhnlich betrachteten kleinen Verschiebungen mit genügender Genauigkeit der Winkel γ selbst, gemessen als Bogen vom Radius 1. Wird anstatt des möglicherweise variablen G ein konstanter Mittelwert eingeführt, welcher vom spannungslosen Zustande aus die gleiche schliessliche Gleitung $\frac{q}{a}$ durch die Q bedingt, dann folgen aus 5.:

$$\frac{q}{a}=\frac{Q}{G}, \qquad G=Q\frac{a}{q}, \tag{6.}$$

wonach der Schubelastizitätsmodul G auch das Verhältnis der Entfernung a der verschobenen Flächen zur Längseinanderbewegung q durch die Spannung $Q=1$ oder den reziproken Wert der Gleitung für diese Kraft bedeutet, während $^1/G$ die Gleitung selbst für $Q=1$ darstellt.

Ist der betrachtete Körper in der Umgebung eines beliebigen Punktes m isotrop (s. Elastizität), dann gelten daselbst für alle Richtungen die gleichen E, G, es existirt nur ein Elastizitätsquotient $\nu=\varepsilon$ und diese drei Grössen stehen in der Beziehung [1], S. 122:

$$G=\frac{\varepsilon}{\varepsilon+1}\frac{E}{2}, \tag{7.}$$

wonach z. B. für $\varepsilon=4$ und 3 (vergl. Elastizitätsquotient) $G={}^2/_5E$ und ${}^3/_8E$ folgen.

Zur Bestimmung des Elastizitätsmoduls kann jede Beziehung dienen, in welcher derselbe vorkommt, vorausgesetzt, dass die übrigen darin unbekannten Grössen für einen bestimmten Fall durch Versuch festgestellt werden. Man hat in physikalischen Instituten E aus Versuchen über Zug, Druck, Biegung, kubische Kompression, elastische Schwingungen, Schallgeschwindigkeit u. s. w. ermittelt; für technische Zwecke kommen fast ausschliesslich die drei ersten Mittel zur Verwendung, während G aus Schub- und Torsionsversuchen abgeleitet oder aus 7. mit geeignetem ε berechnet zu werden pflegt. Die Zuverlässigkeit der Resultate hängt von der Genauigkeit der angewendeten Beziehungen und Methoden ab. Werden z. B. die bleibenden Formänderungen nicht gemessen, sondern die ganzen Formänderungen als elastische in Rechnung gezogen, so erhält man E, G nach 4., 6. zu klein (s. z. B. in Bd. 3, S. 451, die Werte der letzten Kolumne). Bei Biegungsversuchen wurden früher meist zu kleine E erhalten, weil man den Einfluss der Schubkräfte V_x vernachlässigte (vergl. Bd. 2, S. 371, 377), wie dies in physikalischen Laboratorien noch heute üblich ist (s. jedoch Poggendorffs Annalen 1878, V, S. 253). In den Kolumen 7, 8 und 11, 12 sind die Durchschnittswerte von Versuchen Tetmajers mit gewöhnlichen I-Balken deutscher Normalprofile, in der Mitte belastet, von $l=150$ cm Spannweite gegeben (vergl. [2], die Nummern der Kolumne 1 entsprechen den Höhen in cm). Sie zeigen eine mit wachsender Höhe zunehmende Abweichung der durch Zug und Biegung erhaltenen Werte von E, wenn in letzterem Falle der Einfluss der Schubkräfte V_x nicht

Einfluss der Schubkräfte V_x auf den Elastizitätsmodul E.

Deutsches Normal-I profil Nr.	Querschnitt in qcm F	Trägheits-moment in cm⁴ J	Koefficient der Schubwirkung k	$\frac{E_m}{E_o}=1+\frac{12\,k}{l^2}\frac{EJ}{GF}$ für $\frac{E}{G}=\frac{5}{2}$	für $\frac{E}{G}=\frac{8}{3}$	Für Schweisseisen, t per qcm: E für Zug	E_o, ohne Schub	E_m für $\frac{E}{G}=\frac{5}{2}$	E_m für $\frac{E}{G}=\frac{8}{3}$	Für Flusseisen, t per qcm: E für Zug	E_o, ohne Schub	E_m für $\frac{E}{G}=\frac{5}{2}$	E_m für $\frac{E}{G}=\frac{8}{3}$
10	10,69	172	2,343	1,0502	1,0536	2027	1930	2027	2033	2118	2000	2100	2107
11	12,36	241	2,327	1,0605	1,0645	1994	1908	2023	2031	2061	1981	2101	2109
12	14,27	331	2,311	1,0715	1,0762	2085	1886	2021	2030	2160	1962	2102	2112
13	16.19	441	2,296	1,0834	1,0889	2108	1864	2019	2030	2105	1942	2104	2115
14	18,35	579	2,282	1,0960	1,1024	2084	1841	2018	2030	2144	1923	2108	2120
15	20,5	743	2,270	1,1097	1,1170	2042	1819	2019	2032	2125	1904	2113	2127
16	22,9	945	2,258	1,1242	1.1325	2041	1797	2020	2035	2077	1884	2118	2136
17	25,4	1177	2,247	1,1388	1,1481	2044	1775	2021	2038	2028	1865	2124	2141
18	28,0	1460	2,236	1,1554	1,1658	2105	1753	2025	2044	2120	1846	2133	2152
19	30,7	1779	2,226	1,1720	1,1835	1915	1731	2029	2049	2128	1826	2140	2161
20	33,7	2162	2,217	1,1896	1,2023	2074	1709	2033	2055	2118	1807	2150	2173
21	36,6	2587	2,207	1,2080	1,2219	1998	1686	2037	2060	2104	1788	2160	2185
22	39,8	3090	2,198	1,2275	1,2427	1931	1664	2043	2068	2073	1769	2171	2198
23	42,9	3642	2,190	1,2479	1,2644	1961	1642	2049	2076	2082	1749	2183	2211
24	46,4	4288	2,182	1,2689	1,2868	1970	1620	2056	2085	2122	1730	2195	2226
					Summe =	30379	26625	30440	30696	31565	27976	32002	32273
					Mittel =	2025	1775	2029	2046	2104	1865	2133	2152
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14

berücksichtigt wird. Kolumne 5 und 6 lehren jedoch, dass auch das Verhältnis $E_m : E_0$ der Elastizitätsmoduln mit und ohne Rücksicht auf jenen Einfluss mit wachsender Höhe oder richtiger mit wachsendem $J : F$ zunimmt, und die Kolumnen 7, 9, 10 und 11, 13, 14 bestätigen, dass bei Beachtung des Einflusses von V_x die Abweichung zwischen den durch Schub und Biegung erhaltenen Werten von E vollständig wegfällt. Das Gleiche zeigt die Tabelle Bd. 2. S. 379.

Für gewöhnliche Balken (Bd. 1, S. 764, 766) rechteckigen oder quadratischen und elliptischen oder kreisförmigen Querschnitts von der Spannweite l und Höhe h, welche in der Mitte durch eine Einzellast P ergriffen sind, hat man (vergl. Bd. 2, S. 377, 372):

$$\frac{E_m}{E_0} = 1 + \frac{6\,E\,h^2}{5\,G\,l^2} \quad \text{bezw.} \quad \frac{E_m}{E_0} = 1 + \frac{5\,E\,h^2}{6\,G\,l^2}, \qquad 8.$$

wonach beispielsweise mit $E : G = 5 : 2$

im Falle $\frac{l}{h}$ =	1	2	4	6	8	10	12	16	20
für das Rechteck: $\frac{E_m}{E_0}$ =	4	1,75	1,188	1,083	1,047	1,030	1,021	1,015	1,007
für die Ellipse: $\frac{E_m}{E_0}$ =	3,693	1,520	1,130	1,058	1,033	1,021	1,014	1,011	1,005.

Werden bei Biegungsversuchen weder die bleibenden Deformationen noch der Einfluss der Schubkräfte berücksichtigt, dann kombiniren sich beide Einflüsse auf Verkleinerung der resultirenden E. Wird noch weiteres Nachgeben aufs Conto der elastischen Einsenkungen gesetzt, dann ergeben sich neuerdings verkleinerte E. So wurde bei Berechnung der Dourobrücke in Portugal (Bd. 2, S. 560) und der Margarethenbrücke bei Budapest auf Grund von Pariser Versuchen mit einem Bogen von 33 m Spannweite für Schweisseisen $E = 1600$ t per qcm angenommen, gegenüber dem üblichen Mittelwert von 2000 t, obschon bei Bogen die Schubkräfte eine sehr untergeordnete Rolle spielen, und auch Collignon gibt für sehr grosse Konstruktionen 1600 t, für andere 1800—2200 t (Cours de mécanique appliquée, I, Paris 1885, S. 40). Hulewicz wählt, in seiner Darstellung von Brückenberechnungen auf Grund der neuen französischen Verordnung, 1800 t (Calculs de résistance etc., Paris 1894, S. 189), etwa wie der Verfasser gelegentlich für Biegungsrechnungen im Bauingenieurwesen angab (Die Festigkeitseigenschaften etc., Leipzig 1889, S. 49, vergl. Kolumne 8 und 12 obiger Tabelle). Wird bei solchen Berechnungen der Einfluss der Schubkräfte berücksichtigt, dann ist nach obigem eine Unterscheidung nicht nötig. Da dies aber bis jetzt nur in einzelnen einfachsten Fällen geschah, so empfahl es sich allerdings, bei den zahlreichen sonstigen Biegungsrechnungen wenigstens etwas kleinere E als für gewöhnlichen Zug zu wählen (vergl. Handbuch der Ingenieurwissenschaften, Brückenbau II, Leipzig 1890, S. 384). Der wirkliche Elastizitätsmodul für Biegung wird damit nicht um einen gewissen Betrag kleiner als für Zug und Druck aufgefasst, sondern dem thatsächlichen Verhalten des Materials gegenüber der Ungenauigkeit der Formeln Rechnung getragen. Besser ist es jedoch, nach den Bd. 1 S. 766, Bd. 2 S. 377, 372, Bd. 3 unter Elastische Linie gegebenen Formeln zu rechnen.

Ueber die Veränderlichkeit des Elastizitätsmoduls s. Druckelastizität, Zugelastizität; theoretische Untersuchungen von Deformationen, für welche E nicht konstant angenommen wurde, s. Elastizitätsgrenze. Hartig hat die Veränderlichkeit des Elastizitätsmoduls mit der Spannung σ (bei konstanter Temperatur) für gewisse Körper wie Gusseisen, Kautschuk, Lederriemen, Kork durch empirische Formeln darzustellen gesucht [3]; den Elastizitätsmodul von Zement und Zementmörtel fasste er daneben als Funktion der Zeit seit der Herstellung auf [4]. Die Abhängigkeit des Elastizitätsmoduls von der Temperatur haben in neuerer Zeit besonders Miller [5], Kiewiet [6], Katzenelsohn [7] und, in grösserem Massstab, entsprechend den Bedürfnissen der Technik, Rudeloff [8] untersucht. Letzterer erhielt von Zimmertemperatur bis 100° bei Schweisseisen, gewalztem Deltametall und 15prozentiger Manganbronze eine geringe Abnahme, bei Martinstahl, Kupfer, gegossenem Deltametall und 4prozentiger Manganbronze eine geringe Zunahme von E, während bis zu genügend höherer Temperatur stets eine Abnahme eintrat, für Schweisseisen und Martinstahl beispielsweise bis 400° von anfänglichen 2075 und 2060 t auf etwa 1500 und 1650 t. Katzenelsohn fand durch Zug- und Torsionsversuche mit Drähten eine Abnahme von 0 bis 100° in Prozent:

	für Aluminium	Eisen	Gold	Kupfer	Messing	Neusilber	Platin	Silber
von E	19,5	2,33	2,92	—	4,21	3,24	0,89	3,97
„ G	21,3	3,10	3,28	3,65	5,35	4,08	1,64	7,10,

während Miller bei diesen Metallen für das gleiche Temperaturintervall die Abnahmen von E in Prozent erhielt, [5] 1889, S. 40:

—	3,76	—	9,98	4,73	6,54	1,97	7,78.

Diese verschiedenen Resultate zeigen immerhin, dass bei Eisenkonstruktionen die Temperaturänderungen der Atmosphäre über 0° ohne erheblichen Einfluss sind

(bezüglich höherer Temperaturen s. [8]). Miller und Katzenelsohn nahmen auf Grund ihrer Versuche an, dass die Abnahme mit der Temperatur um so grösser sei, je grösser der Ausdehnungskoefficient. Kiewiet, Miller u. A. stellten die Resultate ihrer Versuche durch Formeln der Form $E = E_0 (1 + at + bt^2 + \ldots)$ dar, wobei fast immer die beiden ersten Glieder, in allen Fällen aber die drei angeschriebenen genügten. Für die von Kiewiet untersuchten Legirungen liess sich nicht (wie Wertheim annahm) der Elastizitätsmodul nach Verhältnis der Zusammensetzung aus den Elastizitätsmodulen der Bestandteile berechnen. Wie auf die anderen Festigkeitseigenschaften, so können starke Beanspruchungen (Hämmern, Walzen, Strecken, Ziehen, Zerreissen u. s. w.), Härten, Ausglühen und andere Einwirkungen auch einen Einfluss auf die Elastizitätsmoduln ausüben. Die elastische Nachwirkung (s. d.) ist ebenfalls im Auge zu behalten.

Litteratur: [1] Weyrauch, Theorie elastischer Körper, Leipzig 1884, S. 119, 122, 128 (auch Aufgaben dazu, Leipzig 1885, S. 158, 188). — [2] Tetmajer, Mitteilungen etc., Heft 3, Zürich 1886, S. 120, 122, 145. — [3] Hartig, Ueber die Elastizität des geraden Stabs als Funktion der spezifischen Belastung, Civilingenieur 1893, S. 112 (s. auch S. 341). — [4] Ders., Ueber das elastische Verhalten hydraulicher Zemente und Zementmörtel, Civilingenieur 1894, S. 718. — [5] Miller, Berichte der Münchener Akademie 1882, S. 377; 1885, S. 9; 1889, S. 33. — [6] Kiewiet, Ueber die Biegungselastizität von reinem Zink, Kupfer, Zinn und ihren Legirungen, Wiedemanns Annalen 1886, Bd. 29, S. 617. — [7] Katzenelsohn, Ueber den Einfluss der Temperatur auf die Elastizität der Metalle, Berlin 1887 (Dissertation). — [8] Rudeloff, Untersuchungen über den Einfluss der Wärme auf die Festigkeitseigenschaften von Metallen, Mitteilungen aus den k. technischen Versuchsanstalten zu Berlin 1893, S. 292 (bezüglich Manganbronze s. auch 1894, S. 29). — Weitere Litteratur s. unter Elastizitäts- und Festigkeitslehre, Zugelastizität, Druckelastizität, Biegungselastizität, Schubelastizität, Torsionselastizität, Dehnung, Elastizitätsgrenze, Elastizitätsquotient, Elastische Nachwirkung. *Weyrauch.*

Elastizitätsquotient (Elastizitätskonstante, Elastizitätszahl). Ueber den allgemeinen Begriff s. Elastizitätsmodul. Für einen isotropen prismatischen Stab, welcher lediglich durch eine gleichmässig auf den Querschnitt verteilte Kraft in der Axrichtung gezogen wird, bezeichnet der Elastizitätsquotient ε das Verhältnis der spezifischen Verlängerung in der Zugrichtung (Verlängerung der Längeneinheit, Längsdehnung, Längsdilatation) zur spezifischen Verkürzung der Querdimensionen (Verkürzung der Breiteneinheit, Querzusammenziehung, Querkontraktion). Der Wert von ε bleibt nach dieser Definition zunächst unbestimmt. Es ergibt sich z. B. die elastische Volumenänderung durch gleichmässig verteilte Normalkräfte auf die ganze Oberfläche isotroper Körper $\Delta V = \frac{\varepsilon - 2}{\varepsilon} \frac{3\sigma}{E}$ (vergl. [7], Aufgaben S. 172, 159). Setzt man voraus, dass diese Volumenänderung bei negativen σ, also gedrücktem Körper, eine Abnahme, bei positivem eine Zunahme sein muss, so folgt $\varepsilon > 2$. Wird angenommen, dass je zwei Körperpunkte mit Kräften auf einander wirken, welche bei konstanter Temperatur nur von den Massen und Entfernungen derselben abhängen, so ergibt sich für isotrope Körper $\varepsilon = 4$ (s. Elastizitätslehre, allgemeine, und [7] S. 149), also nach der zwischen den Elastizitätsmodulen E, G für Zug und Schub bestehenden Beziehung (s. Elastizitätsmodul)

$$G = \frac{\varepsilon}{\varepsilon + 1} \frac{E}{2}, \qquad \varepsilon = \frac{2}{\frac{E}{G} - 2}: \qquad 1.$$

$G = {}^2/_5 E$. Dies hat zuerst Poisson festgestellt [1], weshalb ε oder auch $\mu = 1/\varepsilon$ häufig die Poisson'sche Elastizitätskonstante genannt wird.

Die Versuche mit wirklichen Körpern haben verschiedene Werte von ε ergeben. So fanden für Stahl:

Mallock . . .	$\varepsilon = 3{,}95$,	$\mu = 0{,}253$,	Wilberforce . . .	$\varepsilon = 3{,}51$,	$\mu = 0{,}285$,
Amagat . . .	3,72,	0,269,	Bauschinger . .	3,45,	0,290,
Voigt	3,70,	0,270,	Kirchhoff . . .	3,40,	0,294,
Wöhler . . .	3,60,	0,278,	Schneebeli . . .	3,30,	0,303,

Alle für Stahl ermittelten ε liegen zwischen 4. und 3. (μ zwischen 0,25 und 0,33). Dagegen erhielten für Glas:

Voigt	$\varepsilon = 4{,}76$,	$\mu = 0{,}210$,	Amagat	$\varepsilon = 4{,}08$,	$\mu = 0{,}245$,
Kowalski . .	4,42,	0,226,	Amagat (Kristall)	4,00,	0,250,
Everett . . .	4,37,	0,229,	Cantone	3,89,	0,257,

und nur Wertheim stark abweichend 0,330. Nach den bisherigen Versuchsresultaten wäre innerhalb der gebräuchlichen Beanspruchungen im Mittel etwa zu setzen für Stahl und Eisen

$\varepsilon = 3{,}5$ ($\mu = 0{,}286$), für Kupfer $\varepsilon = 3{,}0$ ($\mu = 0{,}333$), für Messing $\varepsilon = 2{,}9$ ($\mu = 0{,}345$), für Blei $\varepsilon = 2{,}5$ ($\mu = 0{,}400$), für Kautschuk bei kleinen Formänderungen $\varepsilon = 2{,}1$ ($\mu = 0{,}476$), doch sind die Verhältnisse noch keineswegs genügend aufgeklärt. Bauschinger, welcher die umfassendsten Versuche mit den genauesten Messapparaten anstellte [6], fand ε je nach Material und Beanspruchungsart in verschiedener Weise mit der Beanspruchung veränderlich. Für Druck von Gusseisen nahm ε bei einzelnen Probestücken anfangs zu (z. B. in einem Falle von 3,13 bis 5,00, worauf Abnahme bis 2,86), bei anderen von Anfang an ab (in einem Falle von 7,14 bis 2,78). Auch Sandstein ergab eine Abnahme mit dem Drucke, von 12,5 bis 4. Bei Zugversuchen mit Walzeisen fand Bauschinger anfangs $\varepsilon = 2{,}70$, dann nahezu konstant bis zur Elastizitätsgrenze von 1475 kg per qcm, etwa 3,20, worauf Zunahme, Abnahme und Wiederzunahme folgten, während bei Druckversuchen mit Schmiedeeisen ε von 4,65 aus abnahm, mit etwa 3,80 bis über die Elastizitätsgrenze nahezu konstant blieb, bei Ueberschreiten der Streckgrenze plötzlich auf 1,88 fiel, um sich nach Erreichen des Minimums von 1,71 wieder etwas zu heben. Uebrigens beansprucht der theoretische Wert $\varepsilon = 4$ oberhalb der Elastizitätsgrenze selbst für isotrope Körper keine Giltigkeit. Einen Einfluss der Querschnittsform auf ε vermochte Bauschinger nicht festzustellen, dagegen lässt sich wegen der Beeinflussung der Homogenität und Isotropie vermuten, dass die Behandlung des Materials nicht ganz gleichgiltig sei. Es erhielt Okatow, [12], S. 234:

	für Stricknadelstäbchen	für runden engl. Stahl
im ursprünglichen Zustande	$\varepsilon = 3{,}64$	$\varepsilon = 3{,}35$
in Oel gehärtet	3,37	3,05
ausgeglüht und langsam abgekühlt . . .	3,29	3,05

Trotz der starken Verschiedenheiten experimentell bestimmter ε hielten Saint-Venant, Cornu u. a. aufrecht, dass für wirklich isotrope feste Körper $\varepsilon = 4$ sei, da sich das angenommene Kraftgesetz (s. oben) im übrigen bei konstanter Temperatur bewährt hat. Voigt wies darauf hin [11], dass eine vollkommene Isotropie bis zu den kleinsten Teilen, eine gleiche Wirkung der Moleküle nach allen Richtungen, nicht annehmbar erscheine, weil sonst der regelmässige Aufbau der Kristalle unerklärlich bleibe. Amagat vertrat die Ansicht [9], dass für gleichzeitig vollkommen isotrope und vollkommen elastische Körper der Grenzwert $\varepsilon = 4$ erreicht werde und die Annäherung an denselben um so grösser sei, je weniger sich die Körper bleibenden Formänderungen zugänglich zeigten. Er selbst erhielt

	für Glas	Kristallglas	Stahl	Kupfer	Messing	Deltametall	Blei
nach 1. Methode	$\varepsilon = 4{,}08$	4,00	3,71	3,04	3,03	3,00	2,35
nach 2. Methode	$\varepsilon =$ —	—	3,73	3,08	3,09	2,88	2,32
im Mittel	$\varepsilon = 4{,}08$	4,00	3,72	3,06	3,06	2,94	2,33

und auch die oben erwähnten Mittelwerte stehen mit seiner Annahme nicht im Widerspruch.

Für die wichtigsten Konstruktionsmaterialien liegt nach allem Gesagten ε meist zwischen 3 und 4. Aus 1 folgt beispielsweise

für $\varepsilon =$ 4	3,9	3,8	3,7	3,6	3,5	3,4	3,3	3,2	3,1	3 :
$G:E =$ 0,400	0,398	0,396	0,394	0,391	0,389	0,386	0,384	0,381	0,378	0,375 ,

so dass die Wahl zwischen diesen Grenzen nur geringen Einfluss auf $G:E$ ausübt. Die Tabelle S. 679 zeigt, dass sich unter den dortigen Verhältnissen für $G:E = {}^2/_5$ und ${}^3/_8$, d. h. für $\varepsilon = 4$ und 3, im Mittel fast gleich gute Uebereinstimmung zwischen den Resultaten von Zug- und Biegungsversuchen erreichen liess. In manchen Fällen kann man den ungünstigsten jener beiden Werte wählen (vergl. Auflager, Bd. 1, S. 541, 543), doch ist man je nach den berücksichtigten Versuchsresultaten oft bei $\varepsilon = 4$ stehen geblieben. S. auch Elastizitätskonstanten, Kompressionskoefficient, Schubelastizität, Torsionselastizität und die an diesen Stellen angeführte Litteratur.

Litteratur: [1] Poisson, Mémoire sur l'équilibre et le mouvement élastique, Mém. de l'Acad. et de l'Inst. de France 1829, VIII, p. 357. — [2] Kirchhoff, Ueber das Verhältnis der Querkontraktion zur Längsdilatation bei Stäben von federhartem Stahl, Poggendorffs Annalen 1859 CVIII, S. 369, (auch Ges. Abhandl., Leipzig 1882, S. 316). — [3] Navier, Résumé des leçons etc., avec des notes et des appendices de Saint-Venant, Paris 1864, p. 197, 642, 645. — [4] Winkler, Die Lehre von der Elastizität und Festigkeit, Prag 1867, S. 19, 21, 30. — [5] Grashof, Theorie der Elastizität und Festigkeit, Berlin 1878, S. 31. — [6] Bauschinger, Ueber die Querkontraktion und Dilatation bei der Längsausdehnung und Zusammendrückung prismatischer Körper, Civilingenieur 1879, S. 81 (s. auch 1882, S. 625). — [7] Weyrauch, Theorie elastischer Körper, Leipzig 1884, S. 119, 149 (auch Aufgaben dazu, Leipzig 1885, S. 158, 188). — [8] Voigt, Theoretische Studien über die Elastizitätsverhältnisse der Kristalle, Abh. d. Ges. d. Wiss. zu Göttingen 1887, XXXIV, S. 1. — [9] Amagat, Recherches sur l'élasticité des solides, Comptes rendus 1889, CVIII, p. 1199 (auch 1888, CVII, p. 618). — [10] Violle, Lehrb. d. Physik, I, Berlin 1892, S. 370, 394 u. f. — [11] Voigt, Bestimmung der Elastizitätskonstanten einiger quasi-isotroper Metalle, Wiedemanns Annalen 1893, IIL, S. 674. — [12] Wüllner, Lehrb. d. Experimentalphysik, I, Leipzig 1895. S. 224 u. f.

Weyrauch.

Elastizitäts- und Festigkeitslehre, die Lehre von den angreifenden Kräften, widerstehenden Kräften und Formänderungen fester Körper mit Rücksicht auf die Bedürfnisse der Technik. Es können also gegenüber der allgemeinen Elastizitätslehre (s. d.) wesentliche Beschränkungen eintreten, während anderer-

seits die behandelten Beziehungen bis zu praktischer Verwendbarkeit bei Beurteilung und Berechnung von Bauwerken und Maschinen durchgeführt werden sollen. Doch wird in der Elastizitäts- und Festigkeitslehre auf zusammengesetzte Konstruktionen entweder gar nicht oder nur insoweit eingegangen, als dieselben nicht in besonderen Gebieten (Theorie der Ingenieurkonstruktionen, Maschinenbaukunde, graphische Statik u. s. w.) zweckmässigere Erledigung finden. Da auf Grund der allgemeinen Gleichungen für Spannungen und Verschiebungen die Verhältnisse elastischer Bewegungen und anisotroper Körper trotz ihrer praktischen Wichtigkeit gegenwärtig nicht bis zu den oben erwähnten Zielen verfolgt werden können, so pflegt man jene Gleichungen, soweit sie überhaupt gegeben werden, auf das Gleichgewicht isotroper fester Körper zu beziehen, d. h. in den unter „Elastizitätslehre, allgemeine" gegebenen Formeln zu setzen:

$$\frac{du}{dt}=0, \qquad \frac{dv}{dt}=0, \qquad \frac{dw}{dt}=0,$$
$$\frac{\partial^2 \xi}{\partial t^2}=0, \qquad \frac{\partial^2 \eta}{\partial t^2}=0, \qquad \frac{\partial^2 \zeta}{\partial t^2}=0,$$

sowie p nach der dortigen Gleichung 17, gewöhnlich mit $\tau = 0$. Auch auf Grund der so beschränkten Beziehungen konnten bisher nur für wenig Fälle praktisch unmittelbar brauchbare Resultate gewonnen werden, von welchen diejenigen von Hertz über die Beanspruchungen gegen einander gedrückter Cylinder und Kugeln unter „Auflager" verwendet wurden, während die Saint-Venant'sche Lösung des Torsionsproblems unter „Torsionselastizität" zu verwerten sein wird. In den meisten Fällen ist man genötigt, die Untersuchungen durch vereinfachende Annahmen zu erleichtern; charakteristische Beispiele derselben wurden bei Behandlung der Biegung, Bd. 2, S. 365, 370, gegeben und besprochen. Hierbei sind stets die Ergebnisse des Experiments und sonstiger Erfahrung, die mangelnde Isotropie des Materials und alle diejenigen Umstände im Auge zu behalten, welche auf die Zulässigkeit der gemachten Annahmen Einfluss haben. In manchen Fällen, wie bei Betrachtung des durch eine gleichmässig über den Querschnitt verteilte Kraft axial gezogenen Stabes, stehen die vereinfachten Ableitungen mit den genaueren Lösungen in Einklang; in anderen Fällen konnten sie durch genauere Lösungen von beschränkter Giltigkeit eine immerhin erwünschte Beleuchtung finden, wie die gewöhnliche Biegungstheorie durch Untersuchungen von Saint-Venant, Kirchhoff und Pochhammer (vgl. Bd. 2, S. 370, 380). In neuerer Zeit hat die Elastizitäts- und Festigkeitslehre durch die Mohr'sche Verwendung des Prinzips der virtuellen Verrückungen in Verbindung mit dem Prinzip der Koexistenz elastischer Verrückungen (s. Koexistenz) und durch Berücksichtigung der Beziehungen für die Verschiebungsarbeit (s. d. und Clapeyrons Theorem, Fachwerke, statisch unbestimmte) im Anschluss an Menabrea und Castigliano eine wesentliche Bereicherung ihrer Hilfsmittel erfahren, welche sich besonders bei Ableitung statisch unbestimmter Stützenreaktionen und der Formänderungen von Fachwerken geltend macht, [9], [10]. Alle Entwicklungen der Elastizitäts- und Festigkeitslehre müssen sich jedoch zunächst auf elastische Deformationen beschränken, da eine theoretische Untersuchung der Verhältnisse bis zum Bruche gegenwärtig unmöglich ist. Man sucht nun stets weit unter denjenigen Beanspruchungen zu bleiben, bei welchen Trennungen oder schädliche Formänderungen zu befürchten wären (vgl. Dimensionenberechnung, Elastizitätsgrenze, Sicherheit, Zulässige Beanspruchung); allein wie hierbei mit Rücksicht auf alle Umstände des einzelnen Falles sicher und doch ökonomisch zu verfahren ist, kann nur durch Zusammenwirken von Theorie und Erfahrung entschieden werden. Um die Mitte dieses Jahrhunderts mehrten sich die Versuche mit Konstruktionsmaterialien [11]—[13], entsprechend der raschen Entwicklung des Eisen- und Maschinenbaues. Nachdem die Theorien dieser Gebiete so weit gefördert waren, dass die wichtigsten Bedürfnisse klar erkannt werden konnten, musste die nun auch durch staatliche Versuchsanstalten vermittelte genauere Kenntnis des Materials besonders befruchtend wirken. Es wurden „Mitteilungen" der Münchener, Berliner, Züricher Versuchsanstalten begründet (1873, 1883, 1884, s. [14]—[16]) und

durch Bauschinger die „Konferenzen zur Vereinbarung einheitlicher Prüfungsmethoden für Bau- und Konstruktionsmaterialien“ ins Leben gerufen (1884, s. [18], [19]. Man suchte die Ergebnisse der Versuche zusammenzufassen [20], [21], [22] und im Gegensatze zur Uebung der letzten Jahrzehnte (vgl. z. B. [2], S. IV) schon bei der Darstellung und Weiterbildung der theoretischen Ableitungen zu verwerten, [23], [24]. Auch die Beobachtungen an ausgeführten Konstruktionen, periodische Untersuchungen von Brücken und anderen Bauwerken und die Feststellungen bei Belastung zusammengesetzter Träger bis zum Bruche (Blechträger, Fachwerke, Gewölbe u. s. w.) haben für die Entwicklung und Anwendung der Elastizitäts- und Festigkeitslehre eine immer wachsende Bedeutung erlangt. Bei der Ausdehnung dieses Gebietes müssen die einzelnen Begriffe derselben in besonderen Artikeln wie Druck, Druckelastizität, Druckfestigkeit, Biegung, Biegungselastizität, Biegungsfestigkeit, Dehnung, Elastizitätsmodul u. s. w. behandelt werden, wobei auch die betreffende Speziallitteratur zu berücksichtigen sein wird.

Litteratur: [1] Winkler, Die Lehre von der Elastizität und Festigkeit mit besonderer Rücksicht auf ihre Anwendung in der Technik, Prag 1867. — [2] Grashof, Theorie der Elastizität und Festigkeit mit Bezug auf ihre Anwendungen in der Technik, Berlin 1878 (1. Aufl. 1866). — [3] Keck, Vorträge über Elastizitätslehre als Grundlage für die Festigkeitsberechnung der Bauwerke, Hannover 1893. — [4] Navier, Résumé des leçons donnés à l'école des ponts et chaussées sur l'application de la mécanique à l'établissement des constructions et des machines, I., De la résistance des corps solides, III. édition avec des notes et des appendices par Barré de Saint-Venant, Paris 1864. — [5] Bresse, Cours de mécanique appliquée, I. Résistance des matériaux et stabilité des constructions, Paris 1880. — [6] Collignon, Cours de mécanique appliquée aux constructions, I. Résistance des matériaux, Paris 1885. — [7] Vigreux, Traité théorique et pratique de la résistance des matériaux, Paris 1885. — [8] Hilfswissenschaften zur Baukunde, Berlin 1885 (S. 553: Elastizitätslehre von Mehrtens). — [9] Castigliano, Théorie de l'équilibre des systèmes élastiques et ses applications, Turin 1880 (deutsch von Hauff, Wien 1886). — [10] Müller-Breslau, Die neueren Methoden der Festigkeitslehre und der Statik der Baukonstruktionen, Leipzig 1893. — [11] Morin, Résistance des matériaux, Paris 1853. — [12] Kirkaldy, Results of an experimental inquiry etc., London 1862. — [13] v. Kaven, Kollektaneen etc. über Schmiedeeisen, Stahl, Gusseisen, Zeitschr. des Arch.- u. Ing.-Vereins zu Hannover 1868, S. 433. — [14] Mitteilungen aus dem mechanisch-technischen Laboratorium der k. technischen Hochschule München, 1. Heft 1873, 24. Heft 1896. — [15] Mitteilungen aus den k. technischen Versuchsanstalten zu Berlin, 1. Jahrgang 1883, 14. Jahrgang 1896. — [16] Mitteilungen der Anstalt zur Prüfung von Baumaterialien am eidgen. Polytechnikum in Zürich, 1. Heft 1884, 6. Heft 1893. — [17] Mitteilungen des k. k. technologischen Gewerbemuseums in Wien, Neue Folge, 1. Jahrg. 1891, 6. Jahrg. 1896. — [18] Verhandlungen der Kongresse zur Vereinbarung einheitlicher Prüfungsmethoden, Münchener Mitteilungen etc., 14. Heft, 1886 (Konferenz zu München 1884); 22. Heft, 1894 (Konferenzen zu Dresden 1886 und Berlin 1890); 23. Heft, 1895 (Konferenz zu Wien 1893). — [19] Beschlüsse der Konferenzen zu München und Dresden, München 1887. — [20] Styffe, Die Festigkeitseigenschaften von Eisen und Stahl, Weimar 1870. — [21] Considère, Mémoire sur l'emploi du fer et de l'acier dans les constructions, Paris 1885. — [22] Weyrauch, Die Festigkeitseigenschaften und Methoden der Dimensionenberechnung von Eisen- und Stahlkonstruktionen, Leipzig 1889 (1. Aufl. 1876). — [23] Tetmajer, Die Baumechanik auf Grundlage der Erfahrung, I. Die angewandte Elastizitäts- und Festigkeitslehre, Zürich 1889. — [24] Bach, Elastizität und Festigkeit, die für die Technik wichtigsten Sätze und deren erfahrungsmässige Grundlage, Stuttgart 1894 (1. Aufl. 1889|90). ***Weyrauch.***

Elastizitätszahl, s. Elastizitätsquotient, Elastizitätsmodul.

Elaterit, s. Asphalt.

Elbeufschwarz (Sedanschwarz), ein Schwarz auf Seide und Wolle. Die in der Indigoküpe grundirten Zeuge werden in einem kochenden Bade von Sumach, Campecheholz und Eisenvitriol ausgefärbt. Nach Elbeuf, nebst Sedan, dem bedeutendsten französischen Fabrikationsort für schwarze Wollentuche, benannt.

Elbsandstein, s. Quadersandstein.

Elektrische Bleiche, eine zum Entfärben des Papierhalbzeugs verwendete Bleichmethode, bei welcher das Bleichen der Papierfasern durch Chlor zur Ausführung kommt, welch letzteres auf elektrolytischem Wege aus Kochsalz gewonnen wird. S. Papierfabrikation.

Elektrische Bremse, eine Vorrichtung, bei welcher der elektrische Strom zum Bremsen von Fahrzeugen benützt wird. Die Hoffnung, hierdurch alle Axen eines Zuges gleichzeitig zuverlässig bremsen zu können, hat sich bis jetzt nicht erfüllt und die elektrischen Bremsen haben nirgends dauernde Verwendung

gefunden. Bei den meisten der bekannten Konstruktionen ist der Elektromagnetismus benützt, um entweder direkt auf das Rad resp. die Axe hemmend einzuwirken oder mittelst eines Zwischenmechanismus die Bremsklötze anzudrücken.

Der erste Vorschlag [1] zur Benützung des elektrischen Stromes zum Bremsen stammt von Amberger (1851), doch kam erst Achard (1867) zu ernstlichen Versuchen [1]. Bei der Bremse von Park [2] befindet sich auf der Lokomotive eine Dynamomaschine, von einer kleinen selbständigen Dampfmaschine angetrieben. Von der Dynamomaschine läuft ein Kabel, welches drei isolirte Drahtleitungen enthält, den ganzen Zug entlang; diese Drahtleitung wird in der Weise hergestellt, dass an jedem Wagen ein Kabelstück angebracht ist, welches beiderseits mit den Nachbarwagen mittelst einer Kupplung verbunden werden kann. Der erste und dritte Draht ist mit den einzelnen Bremsapparaten in Verbindung, während der mittlere Draht nicht unterbrochen ist. In dem Führerstande befindet sich ein Kommutator, welcher in der einen Stellung den Strom von der Dynamomaschine durch den ersten Draht bis an den Schluss des Zuges und von da durch den mittlern Draht zurückführt. Hierdurch werden die Bremsapparate gleichzeitig in Thätigkeit gesetzt. Stellt der Führer den Hebel des Kommutators in die zweite Stellung, so nimmt der Strom seine Richtung durch den dritten Draht und vom Ende des Zuges durch den mittlern zurück zur Dynamomaschine. Hierdurch werden die Bremsapparate ausser Thätigkeit gesetzt. Der Bremsapparat selbst besteht aus einer am Wagengestelle aufgehängten gusseisernen Trommel, auf die sich eine Kette aufwickelt, deren anderes Ende an dem Bremshebel befestigt ist. Die Trommel trägt seitlich eine Verzahnung, in welche eine Sperrklinke eingreift. Die Sperrklinke ist am Ende einer Exzenterstange angebracht, die von einer Axe des Wagens bewegt wird. Durch die erste Stellung des Kommutatorhebels bewirkt nun der elektrische Strom, dass diese Sperrklinke in die Verzahnung einfällt; die hin und her gehende Bewegung der Exzenterstange verursacht dann eine Drehung der Trommel in der einen Richtung, dadurch ein Aufwickeln der Kette und zugleich ein Anziehen des Bremshebels. Eine entgegengesetzt gestellte Schaltklinke verhindert, dass sich die Trommel beim Rückgange der Sperrklinke wieder zurückdreht. Diese Schaltklinke hält zugleich auch die Trommel während des Stillstandes des Zuges in der einmal angenommenen Stellung, so dass die Bremsen angezogen bleiben. Wird dagegen der Kommutatorhebel in die zweite Stellung gebracht, so löst der elektrische Strom die Schaltklinke aus der Verzahnung der Trommel, und dadurch wickelt sich die Kette ab, der Bremshebel tritt zurück und die Bremsklötze fallen von dem Radreifen ab. Bei den Versuchen zeigte sich, dass 4—5 Radumdrehungen genügten, die Bremsklötze festzupressen, und der Wagen kam bei nicht zu grosser Geschwindigkeit schnell zum Stillstand. Für grössere Zuggeschwindigkeit hat sich die Bremse jedoch nicht bewährt.

Cardew [4] hat vorgeschlagen, auf der Lokomotive sowohl wie auf jedem Wagen eine Dynamomaschine so anzubringen, dass die rotirenden Anker dieser Maschinen auf den Räderaxen sitzen. Sämtliche Dynamos erhalten von der auf der Lokomotive befindlichen Maschine gleichzeitig Strom, so dass ihre Anker in Umdrehung versetzt werden. Die hierbei zur Bewegung der Dynamomaschine verbrauchte Kraft geht also nicht verloren, sondern kommt der Zugkraft der Lokomotive zu Hilfe. Wenn der Zug halten soll, kehrt der Lokomotivführer mittelst eines geeigneten Umschalters die Bewegungsrichtung der Anker um, so dass dieselben jetzt hemmend auf die Wagenaxen wirken und den Zug zum Stehen bringen. — Einen ähnlichen Vorschlag hat Werner Siemens gemacht [3].

Forbes und Timmis (D. R.-P. 33 634) bringen auf der Wagenaxe eine abgedrehte Scheibe aus weichem Eisen an, neben welcher ein scheibenförmiges Gehäuse, ebenfalls aus weichem Eisen, so angeordnet ist, dass es seine Oeffnung der Radfläche der erwähnten Bremsscheibe zukehrt. Das Gehäuse trägt auf seiner Rückseite einen starken Elektromagneten und ist am Wagengestell derart befestigt, dass es die Axe nur lose umschliesst, sich auf derselben zwar etwas hin und her schieben lässt, jedoch an Drehung nicht teilnimmt. Wird nun ein Strom von angemessener Stärke durch den Elektromagneten gesendet, so wird das Gehäuse selbst magnetisch, bewegt sich gegen die Bremsscheibe hin und legt sich nach Art einer Reibungskupplung fest an, sie allmälich zum Stillstand bringend. Eine ähnliche Bremse hat Sperry [5] für Strassenbahnwagen konstruirt.

Litteratur: [1] Zetzsche, Handbuch der Telegraphie, Bd. 4, Berlin 1881. — [2] Der Elektrotechniker, Wien 1886. — [3] Elektrotechnische Zeitschrift 1880, S. 55. — [4] Ibid. 1881, S. 300. — [5] Ibid. 1894, S. 599. *Holzt.*

Elektrische Feuerspritze besteht aus dem Elektromotor, der Spritzenpumpe und dem Fahrzeug. Sie eignet sich für Fabriken und Städte mit solcher elektrischen Zentralanlage, bei welcher Tag und Nacht elektrische Kraft zur Verfügung steht und nur in den Strassen an beliebigen Stellen Anschlüsse hergestellt zu werden brauchen, um den Elektromotor der Feuerspritze in Thätigkeit setzen zu können. Damit beim Leerlauf keine zu grosse Erhöhung der Tourenzahl eintritt, ist der Motor mit Nebenschlusswickelung versehen. Die Spritzenpumpe ist mit dem Motor durch ein Zahnradpaar gekuppelt und besteht, wie bei den meisten Dampffeuerspritzen, aus zwei doppeltwirkenden, unabhängig von einander arbeitenden Pumpen mit Kurbelwelle, Pleuelstangen und dem Zahnradvorgelege. Im Innern des Pumpenkörpers ist ein Regulirventil angebracht, das je nach der Stromstärke und der Wassermenge eingestellt wird,

so dass bei konstanter Geschwindigkeit der Dynamomaschine jeder erforderliche Atmosphärendruck im Druckschlauch erreicht werden kann. Saug- und Druckventile müssen nach Oeffnen eines Deckels leicht herausgenommen werden können. Die zur Bedienung des Elektromotors erforderlichen Schalt- und Regulirvorrichtungen sind meist unter dem Kutschersitz angebracht und ermöglichen es, die Spritze mit wechselnden Spannungen (von 65 bis 120 Volt) zu betreiben; neben dem Kutscherbock befinden sich Anschlussklammen für die mitgeführten Verbindungskabel. Zur Bedienung der samt Zubehörden ca. 1300 kg schweren elektrischen Feuerspritze von O. L. Kummer & Cie. in Dresden sind 4 Mann nötig.

Elektrische Gerbung. Der erste Vorschlag, die Elektrizität in der Gerberei zur Beschleunigung des Gerbprozesses zu verwenden, ist bereits 1849 von dem Engländer Cross gemacht worden, welcher bei der gewöhnlichen Grubengerbung mit Hilfe von Blei- oder Zinkplatten als Elektroden einen elektrischen Strom durch die Grube leitete.

1861 empfahlen Rebu und 1874 de Merittens ähnliche Verfahren; 1876 folgt alsdann in England ein Patent auf elektrische Gerbung von Goulard und Kressen, welche in der Nähe des Bodens des Gerbegefässes einen Siebboden anbrachten, unter welchem sich zwei Kohleplatten als Elektroden befanden. Nach dem Füllen des Gerbegefässes mit den Häuten und dem Gerbemateriale wurden die Kohleplatten mit der Elektrizitätsquelle verbunden. Alle diese Verfahren sind kurze Zeit nach dem Entstehen wieder verlassen worden. In neuerer Zeit sind namentlich zwei elektrische Verfahren in der gerberischen Praxis auch angewendet worden: das von Worms & Balé und das von Groth.

Das Verfahren von Worms & Balé (D. R. P. Nr. 41516) wird in einem geräumigen Walkfasse von 3,5 m Höhe und 2,5 m Breite ausgeführt; die Fassböden sind innen und aussen mit Kupferreifen versehen, welche durch Kupferbolzen mit einander verbunden sind. Die äusseren Kupferreifen werden mit der Elektrizitätsquelle in Verbindung gebracht und die inneren stellen die Elektroden dar. Für den Betrieb wird das Walkfass mit einer konzentrirten, aus Extrakten hergestellten Gerbbrühe zu ein Viertel gefüllt, etwas Terpentinöl zugegeben, die Häute werden hineingelegt und hierauf leitet man einen Strom von 8 Amp. und 100 Volt durch, während das Fass etwa 8 Umdrehungen in der Minute macht. Nach ca. 18 Stunden wird der Strom unterbrochen und die Gerbung im rotirenden Fasse ohne Elektrizität unter Hinzugabe neuer Extraktmengen vollendet, was bei den stärksten Häuten innerhalb 96 Stunden, bei schwächeren Häuten und Fellen in entsprechend kürzerer Zeit erreicht ist.

Groth arbeitet bei seinem Verfahren mit feststehenden Gerbegefässen, in welchen die Häute mässig bewegt werden. Als Elektroden sind zwei rostförmige Systeme von Kupferstreifen gegenüberstehend an den inneren Wandungen der Gerbegefässe angebracht. Die Bewegung der Häute ist entweder eine schaukelnde oder eine rotirende um eine senkrechte, drehbare Axe. Nach Füllung des Gefässes mit Gerbbrühe werden die Häute in Beweguug gebracht, während zugleich ein schwacher elektrischer Strom durch das Gefäss geleitet wird. Die Stärke des Stromes und der Bewegung richtet sich nach der Beschaffenheit der Häute; die Zuleitung des Stromes wird zeitweise unterbrochen und die Brühenstärke entsprechend dem Fortschreiten des Gerbeprozesses erhöht. Kalbfelle werden bei diesem Verfahren in 10—14 Tagen, schwere Häute in 4—6 Wochen durchgegerbt.

Schliesslich sind noch zu erwähnen das Verfahren von Abom & Landin (D. R. P. Nr. 40884), bei welchem die Häute im Gerbegefäss auf bewegliche Rahmen gespannt werden und durch die Brühe ein Wechselstrom geführt wird, und das Verfahren von Fölsing (D. R. P. Nr. 66762), bei welchem ein mit Doppelboden versehenes Gerbegefäss an den Wandungen zwei gegenüberstehende Kupferplatten als Elektroden trägt. In dem Raume zwischen den zwei Böden, von welchen der obere siebartig durchlöchert ist, rotirt ein Flügelrohr, durch welches frische Brühe konstant eingeführt und über den Boden gleichmässig verteilt wird. Auf den Siebboden kommen die Häute zu liegen; die langsam von unten aufsteigende Brühe durchdringt die Häute, gibt ihren Gerbstoff an die Häute zum Teil ab und fliesst oben gerbstoffärmer wieder ab; während dieses ganzen Prozesses wird ein elektrischer Strom durch das Gerbegefäss geleitet.

Man hat bei allen diesen Verfahren der Elektrizität die Wirkung zugeschrieben, dass der Gerbeprozess durch dieselbe wesentlich beschleunigt werde. Um den Beweis für diese Annahme zu erbringen, sind von verschiedenen Fachleuten, wie Eitner, Sadlon und Bögh Versuche mit den angeführten Verfahren in der Weise ausgeführt worden, dass nach denselben mit und ohne Anwendung des elektrischen Stromes gegerbt wurde. Als Resultat derselben hat sich immer ergeben, dass die Elektrizität den Gerbeprozess nicht wesentlich beschleunigt, sondern dass bei den verschiedenen Gerbeverfahren unter Anwendung von Elektrizität die Abkürzung der Gerbedauer vor allen Dingen der Bewegung und der rationellen Brühensteigerung zugeschrieben werden muss. Der elektrische Strom ist nach diesen Versuchen nicht ganz ohne Einwirkung auf die Gerbedauer; dieselbe ist aber so gering, dass sie für die gerberische Praxis eine kaum beachtenswerte Rolle spielt. *Pässler.*

Elektrische Klingel, s. Alarmvorrichtungen.

Elektrische Messinstrumente. Hierunter versteht man im allgemeinen Apparate, welche zur Bestimmung der Stärke und Spannung des elektrischen Stromes und des von ihm geleisteten Effektes, ferner zur Messung des Widerstandes, den ein Leiter dem Durchfliessen des Stromes entgegensetzt, dienen. Die wichtigsten elektrischen Messungen sind die der Stromstärke, da sich auf diese die Messungen aller anderen elektrischen Grössen zurückführen lassen.

Sollen z. B. zwei Widerstände, ein bekannter und ein unbekannter, mit einander verglichen werden, so misst man die Stromstärke, welche ein und dieselbe Spannnng in beiden hervorbringt. Sollen zwei Spannungen mit einander verglichen werden, so misst man wiederum die Stromstärke, welche sie in ein und demselben Widerstande hervorbringen u. s. w. Aus dem Zusammenhange zwischen der Stromstärke und den zu messenden Grössen erhalten wir dann diese letzteren selbst nach dem Ohm'schen Gesetz J (Stromstärke) $= \frac{E \text{ (Spannung)}}{W \text{ (Widerstand)}}$.

Zum Messen der Stromstärke kann nun jede der Wirkungen des elektrischen Stromes benützt werden, da sie alle ihrem Grade nach von der Stromstärke abhängen. Die meisten elektrischen Messinstrumente beruhen auf elektromagnetischen (Gruppe a, b, c) oder elektrodynamischen Wirkungen (Gruppe d), s. u.

Bei den nach diesen Prinzipien konstruirten Instrumenten nimmt der mit der Nadel oder der beweglichen Spule oder dem Eisenkern verbundene Zeiger eine resultirende Stellung ein, aus der sich die Stromstärke beurteilen lässt. Der Zusammenhang zwischen dieser resultirenden Stellung und der Stromstärke ist im allgemeinen kein einfacher, da die ausgeübte Kraft auch noch von der Entfernung und Lage des beeinflussten Körpers (Nadel etc.) zum Stromleiter abhängt, sich also während der Bewegung desselben fortwährend ändert. Ausserdem ist auch noch die zweite, entgegenwirkende Kraft (Schwerkraft, Federkraft oder dergleichen) zu berücksichtigen. Soll demnach ein Apparat die Stromstärke direkt angeben, so muss der Zusammenhang zwischen Stromstärke und Ablenkung erst auf empirischem Wege (durch Eichung) festgestellt werden. Nur bei einigen wenigen Konstruktionen ist dieser Zusammenhang ein einfacher und daher eine Eichung nicht notwendig.

Am einfachsten sind die Beziehungen zwischen der Stromstärke und dem Grade der Wirkungen bei den chemischen Zersetzungen; die zersetzte Menge ist nämlich der Stromstärke proportional. Die hierauf beruhenden Messinstrumente heissen Voltameter. Sie eignen sich nicht für Messungen im Betriebe, wohl aber zur Eichung anderer Messinstrumente (Gruppe e).

Bei der Wärmewirkung ist nach dem Joul'schen Gesetze die entwickelte Wärmemenge Q proportional dem Quadrate der Stromstärke i. Es ist $Q = 0{,}24\ i^2 w t$ (w der Widerstand des Leiters, t die Zeit, während er vom Strom durchflossen wurde). Nun ist es aber schwierig, Wärmemengen mit Genauigkeit zu messen. Ferner erleidet auch die zweite Grösse, der Widerstand w, bei der Erwärmung eine Aenderung, und es eignet sich deshalb diese Wirkung zum Messen der Stromstärke schlecht. Es gibt daher nur einige wenige Messinstrumente, die auf der Wärmewirkung beruhen (Gruppe f).

Statt wie bisher die Wirkungen des elektrischen Stromes zum Messen zu verwerten, kann man hierzu auch die Kräfte benützen, welche von ruhenden Elektrizitätsmengen ausgeübt werden. Auf diesem Prinzip beruhen die Elektrometer (Gruppe g).

Wir können somit folgende Gruppen von Messinstrumenten unterscheiden: a. Elektromagnetische mit fester Stromspule und beweglichem Magneten (Galvanometer). b. Elektromagnetische mit festem Magneten und beweglicher Stromspule. c. Elektromagnetische mit fester Stromspule und beweglichem Eisenkörper. d. Elektrodynamische mit fester und beweglicher Stromspule (Elektrodynamometer). e. Auf der chemischen Wirkung des Stromes beruhende (Voltameter). f. Auf der Wärmewirkung des Stromes beruhende. g. Auf der Wirkung der statischen Elektrizität beruhende (Elektrometer).

a. Elektromagnetische Messinstrumente mit fester Stromspule und beweglichem Magneten. — Die Instrumente dieser Gruppe werden allgemein als Galvanometer bezeichnet und sind unter letzterem Stichworte besprochen.

b. Elektromagnetische Messinstrumente mit festem Magneten und beweglicher Stromspule. — Bei dieser Gruppe wird nicht die Ablenkung eines Magneten, sondern die Drehung einer Drahtrolle benützt, welche mit ihrer Ebene innerhalb eines künstlichen magnetischen Feldes senkrecht zur Kraftlinienrichtung aufgehängt ist. Fliesst ein Strom durch die Rolle, so sucht dieselbe sich parallel zu den Kraftlinien zu stellen, wobei die Elastizität des Aufhängefadens eine Gegenkraft bildet.

Das bekannteste Instrument dieser Art ist dasjenige von Deprez und d'Arsonval, welches in Fig. 1 dargestellt ist. Zwischen den aufrecht stehenden Schenkeln einer Reihe von hufeisenförmigen Lamellen A hängt ein mit sehr feinem Draht bewickelter, rechteckiger Rahmen C, welcher einen Spiegel S trägt. Der Aufhängefaden aus hartem, dünnem Silberdraht dient

zugleich als Stromzuführung; ein zweiter derartiger Draht führt von der Rolle zu einer Feder *f*, durch welche die Spannung des Aufhängefadens regulirt werden kann. Die Wirkung wird verstärkt durch einen Hohlcylinder *B* aus weichem Eisen, welcher sich im Innern der Drahtspule befindet. Diese Galvanometer sind unabhängig von äusseren magnetischen Einflüssen und z. B. noch in der Nähe von Dynamomaschinen zu verwenden.

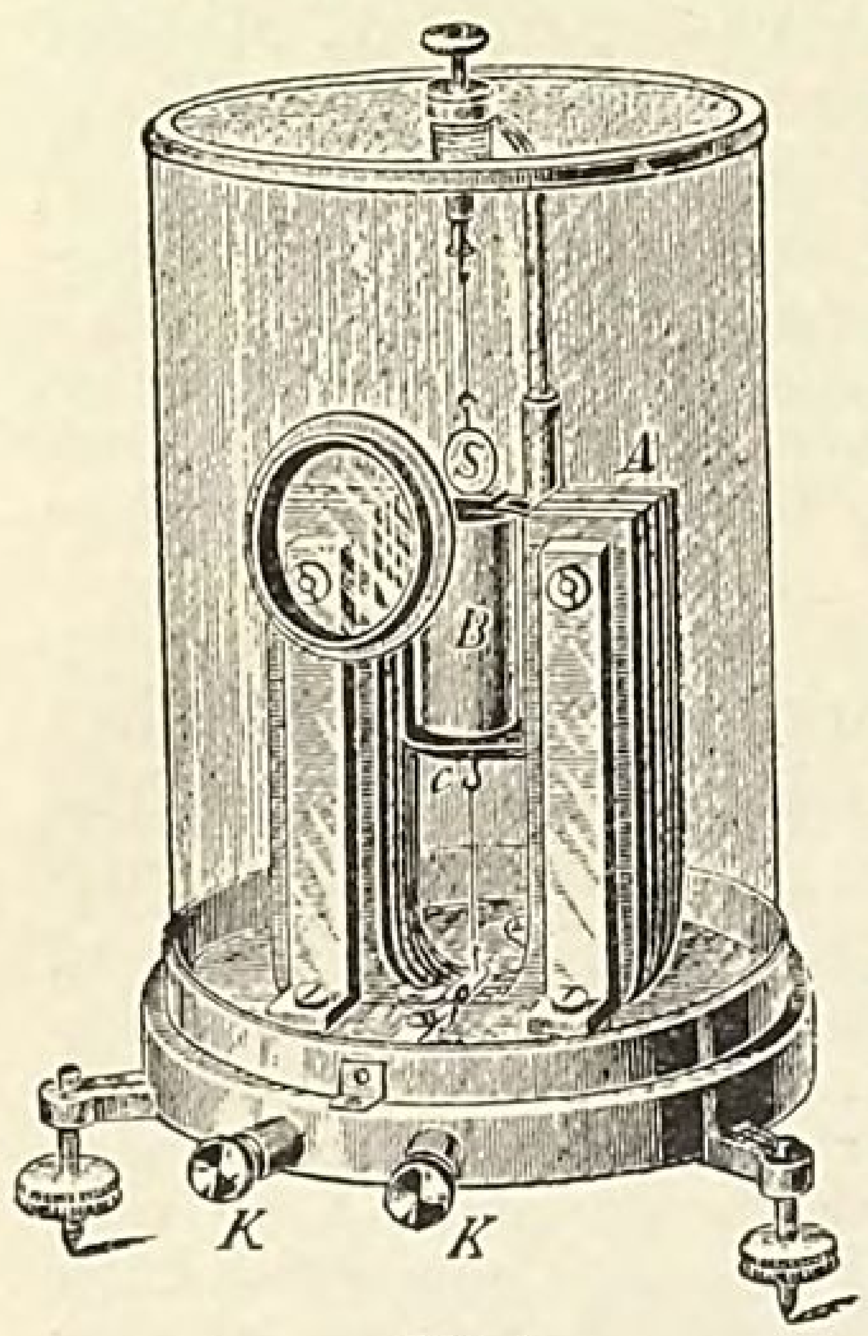


Fig. 1.

Auf demselben Prinzip beruhen auch die Strom- und Spannungsmesser der Weston Elektrical Instrument Company Newark. Dieselben sind bereits in Bd. 1 unter Ampèremeter besprochen.

Diese Westoninstrumente besitzen alle Vorteile der Torsionsgalvanometer (s. Galvanometer) ohne deren Unbequemlichkeiten, da das Horizontalstellen, das Einstellen in den Meridian und das Lösen der Arretirung nicht erforderlich sind und die Abhängigkeit von äusseren magnetischen Kräften wegfällt.

Alle Instrumente der ersten beiden Gruppen (höchstens mit Ausnahme der zuletzt genannten Westonapparate) lassen sich als technische Messinstrumente zu Messungen im maschinellen Betrieb, am Schaltbrett nicht verwenden. Hier sollen die Instrumente so beschaffen sein, dass sie sich selbstthätig einstellen, allen Stromschwankungen folgen und jederzeit die augenblicklich vorhandenen Stromverhältnisse auch auf grössere Entfernungen abzulesen gestatten, ohne dass eine jedesmalige Einstellung erforderlich ist. Die Instrumente, welche diesen Anforderungen entsprechen, die sogen. technischen Messinstrumente, gehören meist zu der dritten Gruppe.

c. Elektromagnetische Messinstrumente mit fester Stromspule und beweglichem Eisenkörper beruhen auf der Magnetisirung eines weichen Eisenkernes, welcher dabei in ein stromdurchflossenes Solenoid eingezogen wird und diejenige Lage anzunehmen strebt, in welcher er seiner Längsrichtung nach von einer möglichst grossen Zahl von Kraftlinien durchströmt wird. Dieser Bewegung, die durch einen Zeiger auf der Skala sichtbar gemacht wird, wirkt eine Gegenkraft entgegen, die Schwerkraft, die Elastizität eines Metalldrahtes oder einer Feder. Die Strommesser dieser Art sind stets gleich in Ampère geeicht und werden daher allgemein als Ampèremeter bezeichnet. Sie sind ebenfalls in Bd. 1 unter Ampèremeter ausführlich besprochen. — Es wurde schon darauf hingewiesen, dass jeder Strommesser auch zu Messungen von Spannungen verwendet werden kann und dass ein und dasselbe Prinzip bei Strom- und Spannungsmessern zur Anwendung gelange. In der That besteht auch zwischen beiden Instrumenten kein prinzipieller Unterschied. Wir können aus den Angaben eines Strommessers und aus dem bekannten Widerstande desselben nach dem Ohm'schen Gesetz sofort die Spannung berechnen, welche erforderlich war, die gemessene Stromstärke hervorzubringen. Diese Berechnung wird aber bei den technischen Spannungsmessern dadurch erspart, dass dieselben schon auf Volt geeicht sind, weshalb man sie gewöhnlich auch als Voltmeter bezeichnet. Die einzelnen Punkte der Skala sind mit derjenigen Spannung in Volt bezeichnet, welche erforderlich ist, um in dem konstanten Widerstande des Voltmeters eine Stromstärke hervorzubringen, durch welche der Zeiger des Instrumentes bis zu den entsprechenden Punkten abgelenkt wird.

d. Elektrodynamische Messinstrumente mit fester und beweglicher Stromspule verwenden die sogen. elektrodynamische Wirkung d. h. die Wirkung zweier Ströme auf einander (s. Elektrodynamik) und ersetzen den Magneten oder den Eisenkern durch eine zweite Spule. Man nennt sie Elektrodynamometer. Nach dem genannten Prinzip ziehen zwei parallele und gleich gerichtete Ströme sich an, während entgegengesetzt gerichtete sich abstossen; gekreuzte Ströme suchen sich so zu stellen, dass die Ströme parallel und gleich gerichtet fliessen.

Auf dem letzteren Satze beruht das Elektrodynamometer von Siemens & Halske, welches in Fig. 2 dargestellt ist. Es besitzt zwei Spulen, eine feste *A* und eine bewegliche *W*, deren Ebenen vor dem Stromdurchgange senkrecht zu einander stehen und durch die ein und derselbe

Strom fliesst. Er tritt bei den Klemmen C_1 und C_2 ein und gelangt mittelst der Quecksilbernäpfe Q_1 und Q_2, in welche die Enden der beweglichen Spule eintauchen, weiter. Die Spule W ist an einem Seidenfaden aufgehängt und ausserdem an einer Spiralfeder befestigt, welche durch den Knopf R, an dem auch der Zeiger Z sitzt, torsirt werden kann. Es ist dann die ablenkende Kraft P proportional dem Quadrate der Stromstärke i und ferner das Quadrat der Stromstärke dem abgelesenen Torsionswinkel oder die Stromstärke selbst der Quadratwurzel aus diesem Winkel proportional, $i = D\sqrt{\alpha}$, hierin ist D eine Konstante, welche ähnlich wie bei der Tangentenbussole (s. Galvanometer) durch Eichung bestimmt wird. Dieses Dynamometer ist vielfach im Gebrauch und eignet sich auch zur Messung von Wechselströmen, hat aber folgende Nachteile. Die Messungen werden sehr ungenau, sobald die Drehungswinkel nur klein sind. Ferner bildet sich auf dem Quecksilber in den beiden Näpfen bald eine Oxydschicht, welche die Drehung der beweglichen Windung hemmt. Ebenso besitzt es den Nachteil des Torsionsgalvanometers, dass die Ablesungen stets erst nach einer Drehung des Torsionskopfes gemacht werden können, also das Instrument den Stromschwankungen nicht selbstthätig folgt. Diese Uebelstände hat man bei neueren Konstruktionen, z. B. bei dem direkt zeigenden Elektrodynamometer von Hartmann & Braun, zu beseitigen gesucht.

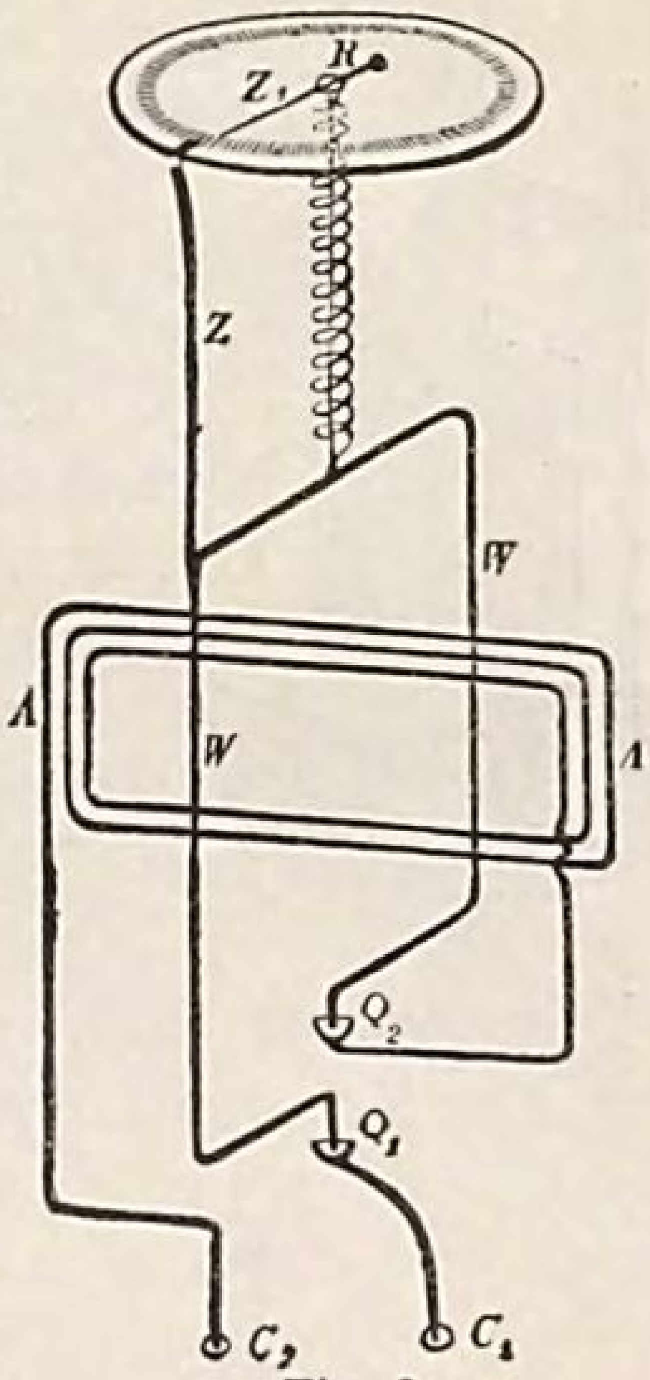


Fig. 2.

Das Prinzip des Elektrodynamometers kann aber noch bei einer dritten Messung verwendet werden, zur Messung des Effektes. Hierzu schaltet man die eine Spule, und zwar meist die feste, wie einen Strommesser in den Hauptstromkreis, die dünndrähtige bewegliche Spule wie einen Spannungsmesser in den Nebenschluss.

Es ist dann $JE = C w \alpha$. Hierin bedeutet J die Hauptstromstärke, E die Spannung, w den Widerstand der beweglichen (Nebenschluss-) Spule, α den Torsionswinkel, C die durch Eichung zu bestimmende Konstante des Instrumentes.

Die Einheit des Effektes ist das Voltampère oder Watt; man nennt daher diese Instrumente, welche den Effekt messen, Wattmeter oder, da der Effekt, multiplizirt mit der Zeit, die Arbeit ergibt, auch Arbeitsdynamometer. Sie gleichen in ihrem Aufbau vollkommen den Elektrodynamometern von Siemens & Halske (Fig. 2).

Während ein mit Gleichstrom geeichtes Elektrodynamometer ohne weiteres auch für Wechselstrom gebraucht werden kann, ist dies bei dem Wattmeter im allgemeinen nicht der Fall. Denn durch das Auftreten der Selbstinduktion tritt bei Wechselstrom eine Verschiebung zwischen Spannung und Stromstärke ein, derart, dass beide nicht gleichzeitig ihren grössten oder geringsten Wert erreichen. Es ist daher das Produkt aus der gemessenen Stromstärke und der gemessenen Spannung nicht gleich dem Effekte. Die Angaben des Wattmeters bedürfen demnach, wenn sie nach der für Gleichstrom geltenden Formel berechnet werden sollen, einer Korrektion, welche von der Grösse der eingetretenen Verschiebung abhängt. Diese Korrektion kann aber dadurch sehr klein gemacht werden, dass man induktionsfreie Zusatzwiderstände verwendet und die Windungszahl der Nebenspule möglichst verringert.

e. Auf der chemischen Wirkung des Stromes beruhende Messinstrumente. Nach dem Faraday'schen Gesetze ist die in einer bestimmten Zeit zersetzte Menge einer Flüssigkeit, z. B. des Wassers oder einer Kupfersalzlösung, proportional der Stromstärke. Je stärker der Strom ist, eine um so grössere Menge Knallgas wird entwickelt, eine um so grössere Menge Kupfer wird auf der Kathode niedergeschlagen. Umgekehrt kann man aber aus der zersetzten Menge auch auf die Stromstärke schliessen: je grösser die in einer bestimmten Zeit zersetzte Menge ist, um so stärker muss der Strom gewesen sein. Auf diesen Beziehungen zwischen der Stromstärke und der zersetzten Menge beruhen eine Reihe von Instrumenten, die zur Messung von Stromstärken dienen und als Voltameter bezeichnet werden. In Gebrauch sind nur Wasservoltameter, Kupfer- und Silbervoltameter. — Bei den Wasservoltametern wird die Stromstärke aus der Menge des in einer bestimmten Zeit zersetzten, angesäuerten Wassers berechnet. Entweder wird diese Menge ihrem Gewicht nach bestimmt, indem man den Gewichtsverlust eines mit zehn- bis zwanzigprozentiger Schwefelsäure gefüllten Kölbchens misst, oder man misst das Volumen des entstandenen Knallgases, welches in einer geteilten Röhre aufgefangen wird. In letzterem Falle nennt man die Voltameter auch Knallgasvoltameter.

Ein Knallgasvoltameter einfachster Ausführung ist das nachstehende (Fig. 3), bestehend aus einem mit zehn- bis zwanzigprozentiger reiner Schwefelsäure (spez. Gew. 1,14) gefülltem

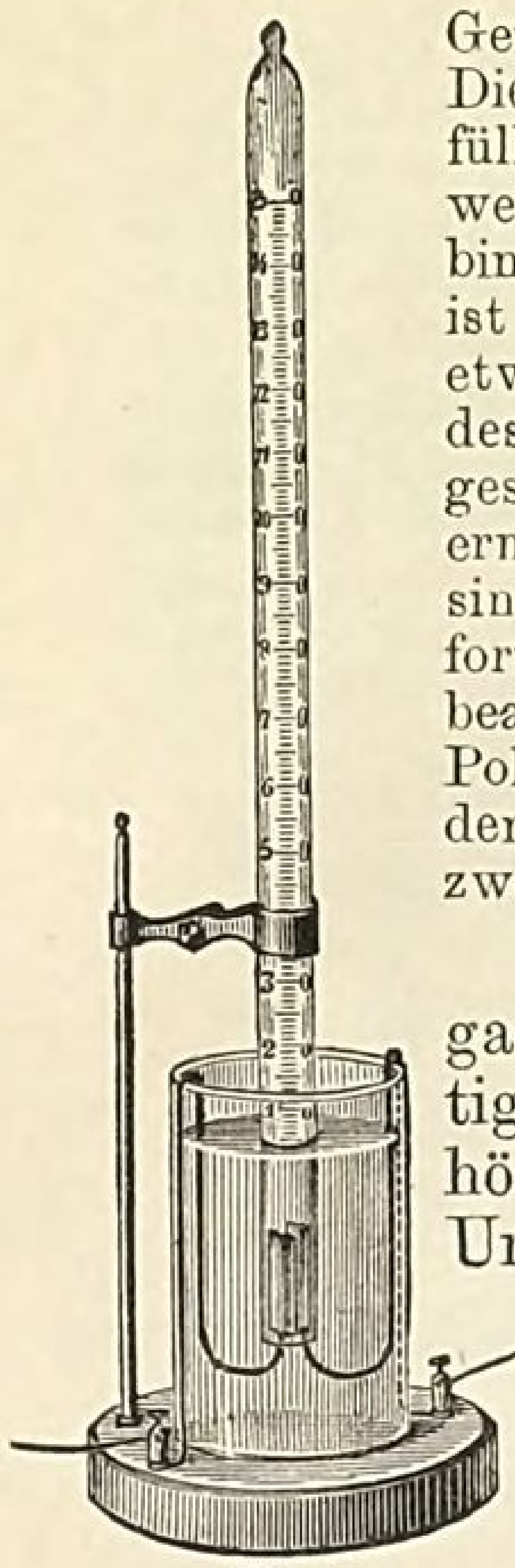


Fig. 3.

Gefäss, in welches eine oben geschlossene graduirte Röhre taucht. Die Röhre wird vor dem Versuche ebenfalls mit der Flüssigkeit gefüllt; im unteren Ende der Röhre befinden sich zwei Platinelektroden, welche durch isolirte Drähte mit dem äusseren Stromkreis in Verbindung stehen. — Eine einfache Form für Ströme bis 30 Ampère ist von Kohlrausch vorgeschlagen. Dies Voltameter besteht aus einem etwa 40 mm weiten Glasrohr, welches nach ccm graduirt ist und dessen verengerter Fortsatz in dem Hals eines weiten Gefässes eingeschliffen ist. Ein in das Messrohr eingeschmolzenes Thermometer ermöglicht eine genaue Temperaturbestimmung. Die Platinelektroden sind mit durchbohrten Kautschukstopfen durch die beiden Seitenfortsätze eingeführt (Fig. 4). — Bei allen Knallgasvoltametern ist zu beachten, dass die an den Platinelektroden haftenden Gase eine Polarisation hervorrufen, welche nahezu 2 Volt beträgt. Es sind demnach zur Wasserzersetzung mindestens drei Daniell- oder zwei Bunsenelemente oder zwei Akkumulatorzellen erforderlich.

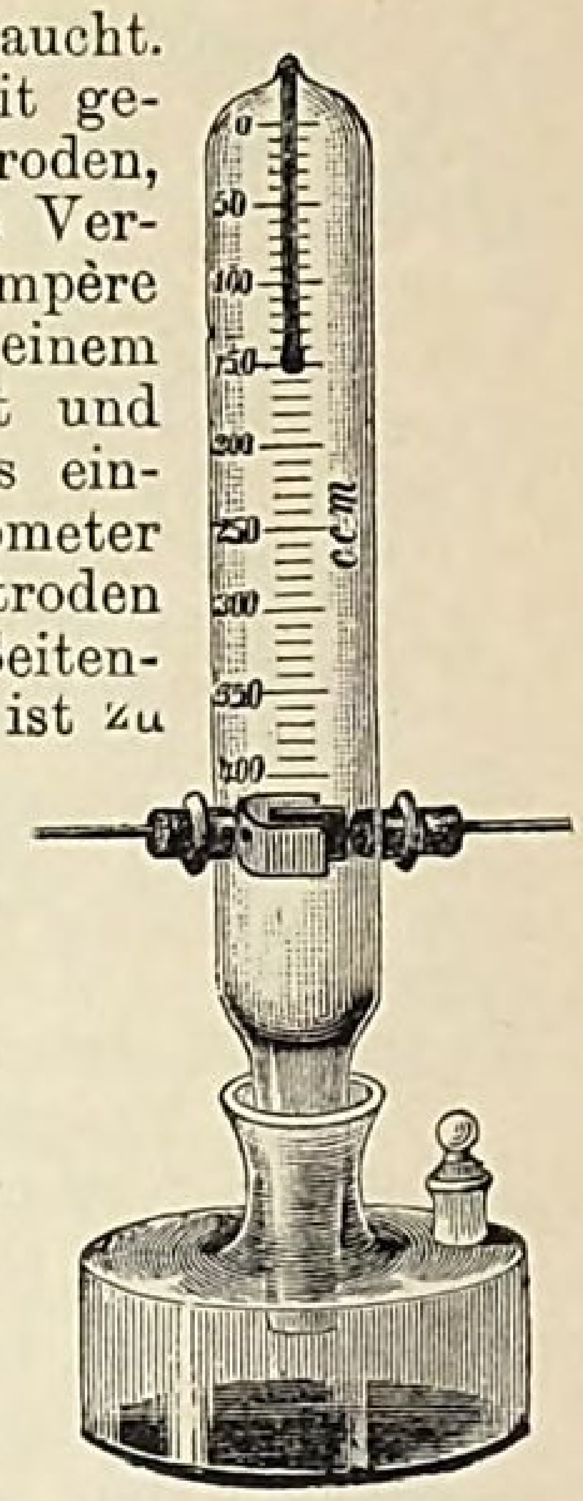


Fig. 4.

Die Genauigkeit der Messungen mit den Knallgasvoltametern wird namentlich dadurch beeinträchtigt, dass das Volumen der entwickelten Gasmenge höchstens auf 0,3 % genau abgelesen werden kann. Um nun die unsichere Volumenbestimmung durch genauer auszuführende Gewichtsbestimmungen zu ersetzen, bedient man sich der Metallvoltameter, bei denen die Stromstärke aus der Menge der niedergeschlagenen Metalle berechnet wird. Bei denselben fällt auch die umständliche Reduktion auf Druck und Temperatur fort, an deren Stelle eine Wägung tritt. Gebräuchlich sind das Kupfer- und das Silbervoltameter

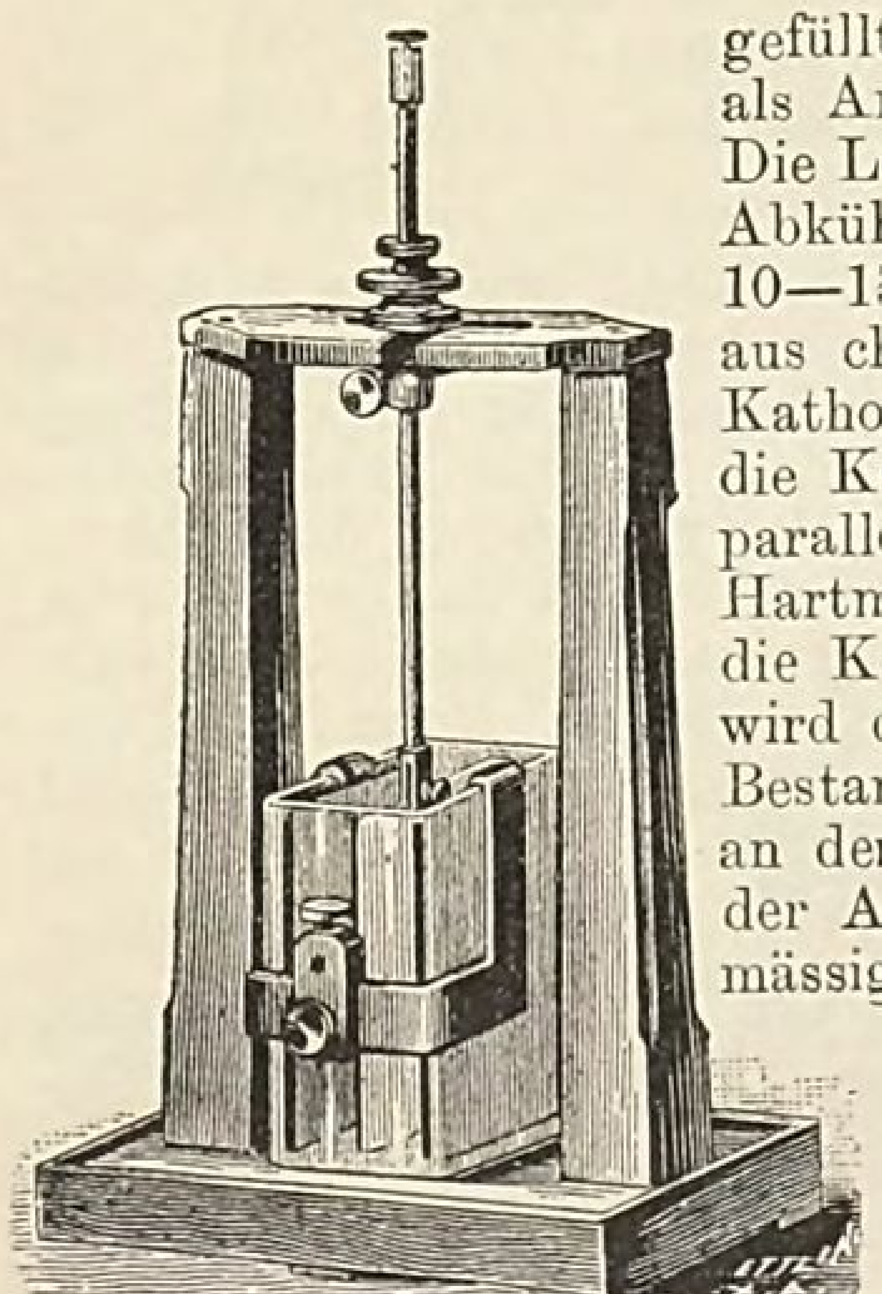


Fig. 5.

Das Kupfervoltameter besteht aus einem mit Kupfersulfatlösung gefüllten Glasgefäss, in welches als Elektroden zwei Kupferplatten oder als Anode eine Kupferplatte und als Kathode eine Platinplatte tauchen. Die Lösung darf nicht so konzentrirt sein, dass sich bei einer etwaigen Abkühlung oder infolge Verdunstung Kristalle ausscheiden; eine 10—15prozentige Lösung genügt. Die als Anode dienende Platte muss aus chemisch reinem Elektrolytkupfer bestehen. Um beide Seiten der Kathode zu benützen, pflegt man die Anode so umzubiegen, dass sie die Kathode von beiden Seiten umgibt, oder auch zwei Kupferplatten parallel zu schalten. Die Fig. 5 zeigt eine derartige Konstruktion von Hartmann & Braun, Bockenheim. Wird nun die Anode mit dem positiven, die Kathode mit dem negativen Pole einer Stromquelle verbunden, so wird die Kupfersulfatlösung durch den durchfliessenden Strom in ihre Bestandteile Cu und SO_4 zerlegt, das freigewordene Kupfer setzt sich an der Kathode an, während sich die Gruppe SO_4 mit einem Atome Cu der Anode wieder zu $CuSO_4$ verbindet. Die Lösung bleibt also gleichmässig konzentrirt. Vor und nach dem Versuche wird die Kathode sorgfältig getrocknet und gewogen. Die Gewichtszunahme gibt die Menge des ausgeschiedenen Kupfers an und hieraus ergibt sich die Stromstärke. Haben wir Q mg Kupfer erhalten und betrug die Dauer des Stromdurchganges t Sekunden, so ist die Stromstärke $J = Q : 0{,}328 . t$ Ampère. Damit der Niederschlag fest haftet, muss die Stromdichte, d. h. das Verhältnis der Stromstärke zur wirksamen Kathodenfläche, passend gewählt werden. Es soll die Stromstärke bei einem Elektrodenabstande von 1,5 bis 2 cm nicht über 2,5—3,5 Ampère pro qdm der wirksamen Kathodenfläche betragen.

Das Kupfervoltameter wird zum Messen stärkerer Ströme verwendet und erfordert grosse Vorsicht, wenn erheblichere Fehler vermieden werden sollen. Zum Messen schwächerer Ströme eignet sich besser das Silbervoltameter, bei welchem sich auch genauere Resultate erzielen lassen, da die Menge des abgeschiedenen Silbers relativ gross ist.

Die Kathode hat die Form eines Platinschälchens oder -Tiegels, welcher Fig. 6 bis etwa 1 cm vom Rande mit einer 15—30prozentigen Lösung von salpetersaurem Silber (Höllenstein) vom spez. Gew. 1,15—1,35 gefüllt ist. In diese Lösung taucht die silberne Anode, welche entweder die Form eines Hohlcylinders oder eines Stabes besitzt. Den Silberniederschlag kann man durch Schaben mit einem Hornmesser oder einem Holzstäbchen ablösen und durch Abkochen in verdünnter Salpetersäure vollständige Reinigung erzielen. — Bei dem Stromdurchgange wird das salpetersaure Silber $AgNO_3$ in Ag und NO_3 zerlegt, von denen das erstere sich in Form glänzender Kristalle in dem Platintiegel ansetzt. Auch hier muss die Stromdichte

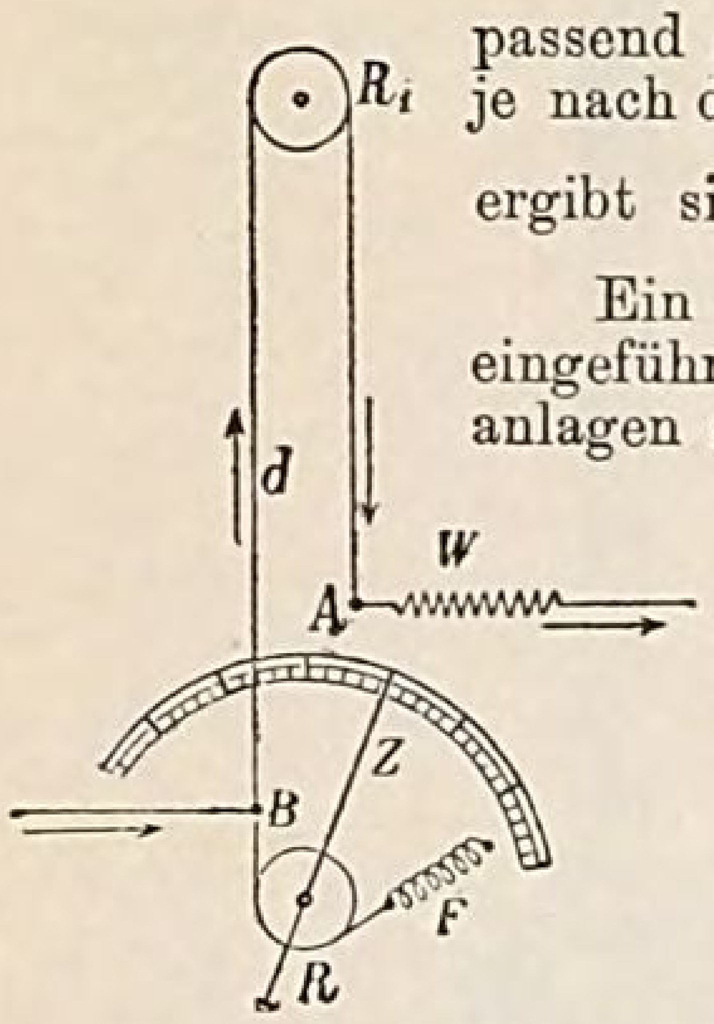
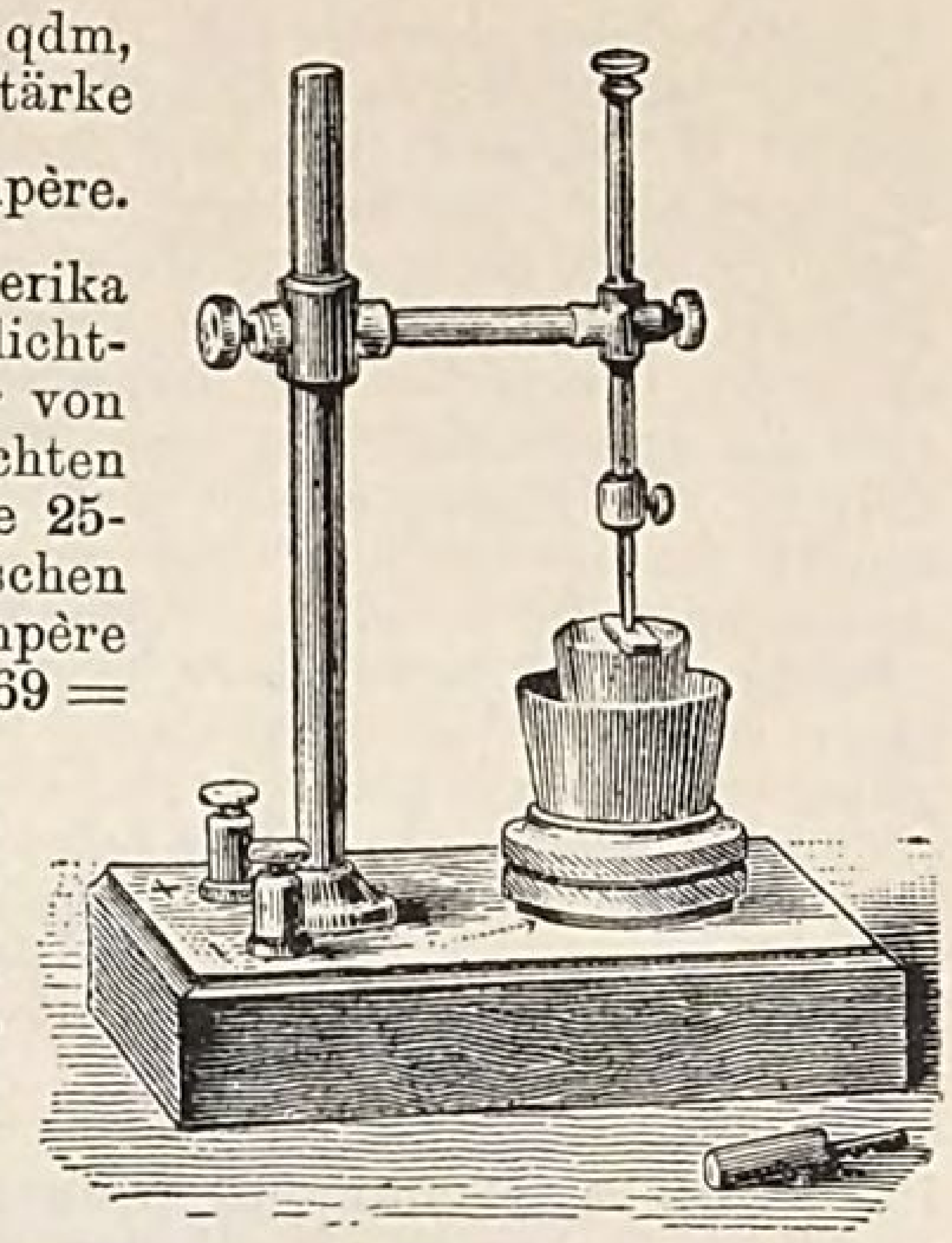


Fig. 7.


Fig. 6.

passend gewählt werden (0,5—1,5 Ampère pro qdm, je nach der Elektrodenentfernung); die Stromstärke ergibt sich aus der Formel: $J = \frac{Q}{1,1183\,.t}$ Ampère.

Ein Zinkvoltameter ist von Edison in Amerika eingeführt worden und dient dort in Zentrallichtanlagen als Kontrollapparat zur Messung der von den einzelnen Konsumenten verbrauchten Elektrizitätsmengen. Es enthält eine 25-prozentige Zinkvitriollösung, die zwischen Zinkelektroden zersetzt wird. Ein Ampère zersetzt in einer Minute 60 . 0,3369 = 20,214 mg Zink.

f. Auf der Wärmewirkung des Stromes beruhende Messinstrumente. Das erste Instrument dieser Art ist das Voltmeter von Cardew (in Fig. 7 schematisch dargestellt).

Ein dünner Platinsilberdraht *d* von 0,064 mm Durchmesser, der an einem Ende (bei *A*) befestigt ist, führt über eine Rolle R_1 und endet unten bei *B*. Der Strom tritt bei *B* ein und bei *A* durch einen Zusatzwiderstand *W* aus. Das Ende *B* ist mit einem Faden verbunden, der um die Rolle *R* führt und durch die Feder *F* gespannt erhalten wird. Dehnt sich der Draht aus, so wird diese Rolle und der mit ihr verbundene Zeiger *Z* gedreht und so auf der durch Eichung hergestellten Skala die Spannung angezeigt.

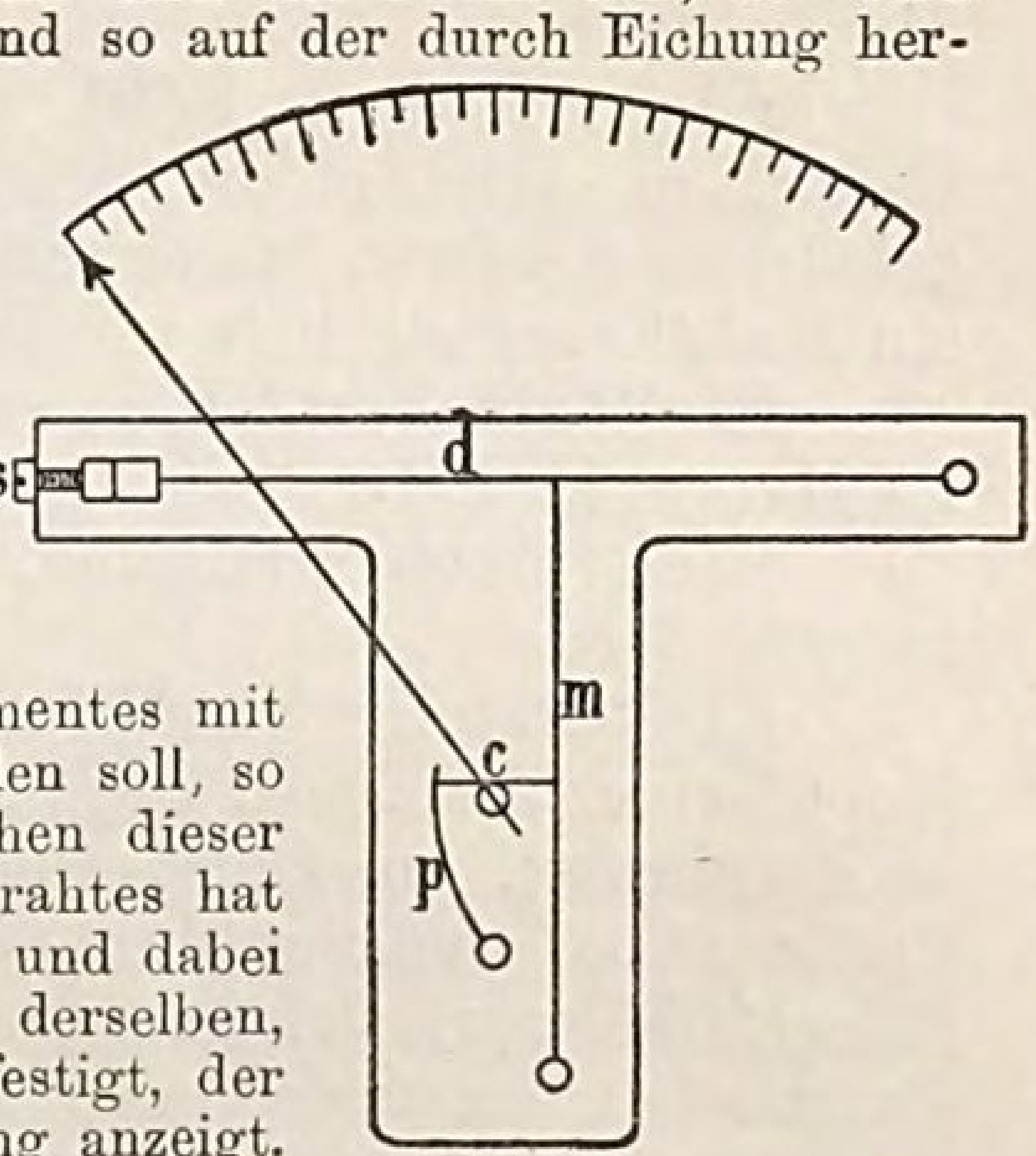
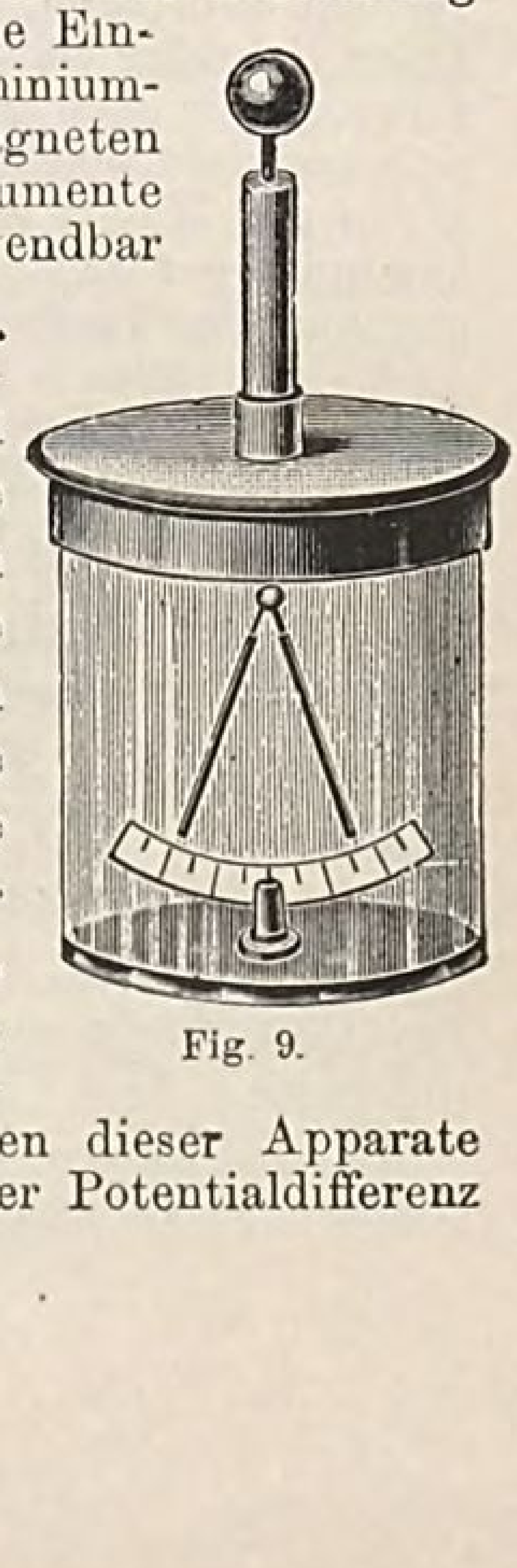


Fig. 8.

Eine bequemere Form besitzt das Hitzdrahtvoltmeter von Hartmann & Braun. Ein Platinsilberdraht *d* von 0,06 mm Durchmesser und ca. 16 cm Länge ist an beiden Enden fest eingeklemmt (Fig. 8). Ungefähr in der Mitte desselben ist ein etwa 10 cm langer Messingdraht *m* von 0,05 mm Durchmesser befestigt, dessen anderes Ende ebenfalls fest ist. Von der Mitte dieses zweiten Drahtes führt ein Kokonfaden *c* um den Umfang einer kleinen Rolle zu einer Plattfeder *p*, durch welche die Drähte stets gespannt erhalten werden. Verbindet man die Klemmen des Instrumentes mit denjenigen beiden Punkten, deren Spannung gemessen werden soll, so fliesst ein Strom durch den Platinsilberdraht, durch welchen dieser erwärmt und ausgedehnt wird. Die Verlängerung dieses Drahtes hat eine Durchbiegung der beiden Drähte *d* und *m* zur Folge und dabei wird die oben erwähnte kleine Rolle gedreht. Auf der Axe derselben, die sich mit Spitzen auf Steinen bewegt, ist ein Zeiger befestigt, der nun auf der durch Eichung gefundenen Skala die Spannung anzeigt. Um das Instrument von der Aussentemperatur unabhängig zu machen, ist die Platte, auf welcher der Draht *d* ausgespannt ist, nach dem Prinzip der Kompensationspendel aus zwei Metallen (Messing und Eisen) zusammengesetzt, so dass der gemeinsame Ausdehnungskoefficient gleich dem des Platinsilberdrahtes ist. Die Schraube *s* dient zur Einstellung des Zeigers auf den Nullpunkt der Skala; auf die Eichung hat eine solche Einstellung keinen Einfluss. Auf der Axe des Zeigers ist noch eine Aluminiumscheibe befestigt, welche sich zwischen den Polen eines kräftigen Stahlmagneten bewegt. Dadurch wird eine aperiodische Dämpfung erreicht. Diese Instrumente sind ebenfalls sowohl für Gleichstrom als auch für Wechselstrom verwendbar und völlig unempfindlich gegen äussere magnetische Einflüsse.


Fig. 9.

Während alle bisher besprochenen Messinstrumente auf Wirkungen des elektrischen Stromes beruhen, kommen bei den Instrumenten der letzten Gruppe (g. Elektrometer) Kräfte zur Geltung, welche von ruhenden Elektrizitätsmengen (s. Elektrizität) ausgeübt werden. Diese Messinstrumente führen den Namen Elektrometer und dienen zum Messen von Potentialen und Potentialdifferenzen. Zu letzterem Zwecke finden sie besonders dann Verwendung, wenn es sich um hohe Potentiale handelt, oder auch dann, wenn die zu messenden Potentiale durch das Messinstrument keine Aenderung erleiden sollen.

Sie beruhen auf dem Prinzip der Anziehung und Abstossung leicht beweglicher Körper durch freie Elektrizität, und es stellt das sogen. Elektroskop, wenn es mit einem Gradbogen versehen ist (Fig. 9) den einfachsten dieser Apparate vor, indem man aus der Divergenz der Goldblättchen auf die Grösse der Potentialdifferenz schliessen kann.

Von der grossen Zahl der vervollkommneteren Apparate wollen wir nur das bekannteste näher besprechen, das Quadrantenelektrometer von Sir W. Thomson (Fig. 10). Dasselbe besitzt vier isolirte Quadranten, die entweder scheibenförmig oder, wie in der Figur gezeichnet, als Sektoren eines flachen, cylindrischen Gefässes angeordnet sind. Je zwei diametral gegenüberliegende Quadranten sind mit einander und mit einer der beiden Klemmschrauben *A* und *B* leitend verbunden. Oberhalb der scheibenförmigen oder innerhalb der cylindrischen Quadranten schwebt eine leichte Aluminiumnadel in der Form einer 8 (Biscuit genannt), die meist bifilar aufgehängt ist. Dieselbe ist von den Quadranten isolirt und durch einen Platindraht mit einem Gefäss verbunden, welches auf dem Boden des Elektrometers steht und 60prozentige Schwefelsäure enthält. Der Platindraht trägt unten zur Dämpfung meist ein kleines Plättchen, welches in die Schwefelsäure eintaucht. Aus diesem Gefäss führt eine Leitung zur Klemme *C*. Das Elektrometer ist für Spiegelablesung eingerichtet; der Spiegel ist in der Figur durch das Spiegelgehäuse verdeckt. Die Elektrometer haben wegen ihrer schwierigen Handhabung für die Praxis wenig Bedeutung.

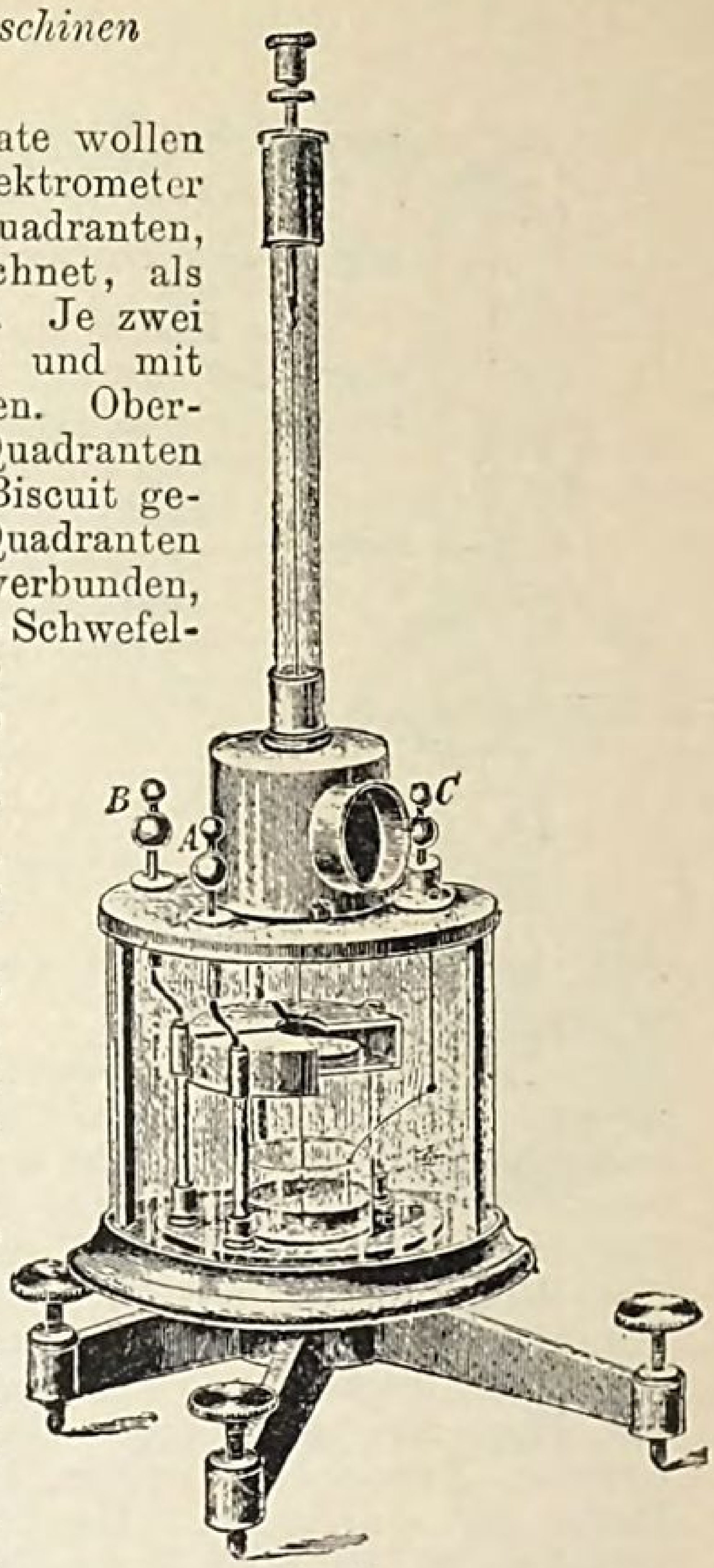


Fig. 10.

Litteratur: Kittler, Handb. d. Elektrotechnik, Stuttgart 1892. — Holzt, Schule des Elektrotechnikers, Bd. 1, Leipzig 1896. — Wilke, Elektrische Messinstrumente, Leipzig 1890. *Holzt.*

Elektrischer Wecker, s. Alarmvorrichtungen.

Elektrisches Blocksignal, s. Zugdeckungssignale.

Elektrisches Feld nennt man denjenigen Raum, in welchem die Wirkungen eines elektrisch geladenen Körpers, gleichgiltig, ob es ein Leiter oder ein Nichtleiter ist, sich vollziehen (s. Elektrizität).

Elektrisches Glockensignal, Elektrisches Läutewerk, s. Liniensignale, durchlaufende.

Elektrisches Signal, Signal, welches durch Ströme elektrischer Batterien bewegt wird.

Elektrische Staubfiguren (Lichtenberg'sche Figuren). Bringt man den Knopf einer geladenen Leydner Flasche mit einer Platte aus Harz oder Schellack in Berührung, so findet rings um die Berührungsstelle eine Elektrisirung der Platte statt, welche durch aufgestreute Pulver, wie Semen lycopodii oder Schwefelblumen, sichtbar gemacht werden kann, indem sich die Pulver an den elektrisch geladenen Teilen der Platte dauernd anhängen.

Diese Staubfiguren sind verschieden gestaltet, je nachdem die Flasche positiv oder negativ geladen war. Bei positiver Ladung entsteht eine Figur mit dendritisch verzweigten Strahlen, bei negativer Ladung ein runder Fleck. Fasst man eine Leydner Flasche abwechselnd an der äusseren Belegung und am Knopfe, so kann man auf der Platte positive und negative Schriftzeichen anbringen, indem man bald mit dem Knopfe bald mit der äusseren Belegung schreibt. Diese Schriftzeichen werden noch nach längerer Zeit sichtbar, wenn man mittelst eines Bestäubers ein Gemenge von Mennige und Schwefelblumen aufstreut; die rote Mennige hängt sich als elektropositiv an den negativen Stellen, der negative Schwefel an den positiven Schriftzügen an. Kundt erzeugte Staubfiguren auf Metallplatten, gegen welche er eine Glimmentladung aus einer genäherten Spitze führte. Ueber die Erklärung vergl. [1] und [2]. Eine Zusammenstellung der Versuche und der zur Erklärung aufgestellten Hypothesen gibt [3].

Litteratur: [1] Frick-Lehmann, Physikalische Technik, 6. Aufl., S. 530, Braunschweig 1895. — [2] O. Lehmann, Molekularphysik, Bd. 2, S. 252 fgd., Leipzig 1888. — [3] H. Oberbeck, Ueber elektrische Figuren, Jahresbericht des herzogl. Karls-Realgymnasiums, Bernburg 1894. *Aug. Schmidt.*

Elektrische Zündung, s. Seeminen und Sprengarbeit.

Elektrisirmaschinen heissen die Vorrichtungen zur fortlaufenden Erzeugung statischer Elektrizität aus der mechanischen Arbeit von Kurbelbewegungen. Man unterscheidet: die Reibungselektrisirmaschinen, die Dampfelektrisirmaschinen, die Influenzmaschinen. Zwar findet bei allen drei Formen eine Verbindung beider Arten der Elektrizitätserzeugung, durch Reibung und durch fernwirkende Verteilung (Influenz), statt; doch spielt bei den ersteren beiden Arten das Prinzip der Reibung, bei der dritten Art dasjenige der Influenz die Hauptrolle.

Die älteste Vorrichtung ist die um eine Axe drehbare Schwefelkugel O. von Guerickes (1602—1686), welche durch Reibung der trockenen Hand elektrisirt wurde. Später wurden

kugelige und cylindrische Glasgefässe und besonders Glasscheiben als Isolatoren oder „Reiber“ benützt und mit Kienmayer'schem Amalgam (1 Teil Zink, 1 Teil Zinn, 2 Teile Quecksilber) überzogene Lederkissen als „Reibzeug“, wozu als weitere Bestandteile der Maschine die Konduktoren kamen, ein positiver, mit Zuleitung und Saugkämmen versehen, der, wie man sich die Influenzwirkung des Reibers auf den Konduktor zuerst erklärte, die positive Elektrizität von der Glasfläche wegsaugt und an seiner Oberfläche aufspeichert, und ein negativer Konduktor, welcher (gewöhnlich mit der Erde in leitender Verbindung) durch Leitung die negative Elektrizität des Reibzeugs fortführt, der aber, wenn man umgekehrt den positiven Konduktor zur Erde ableitet, als eine Quelle negativer Ladung benützt werden kann. In Betreff weiterer Details der Konstruktion und deren Zweck s. die Lehrbücher der Experimentalphysik, z. B. [1].

Die Dampfelektrisirmaschine (Hydroelektrisirmaschine), von Armstrong 1845 erfunden, beruht auf der Beobachtung, dass bei der Reibung ausströmenden Dampfes am Rande der Oeffnung ein elektrischer Gegensatz zwischen dem negativ werdenden Kessel und dem positiven Dampfe sich ausbildet. Der Kessel wird isolirt aufgestellt, ebenso ein Konduktor mit Zuleiter und einem dem ausströmenden Dampfe zugekehrten Saugkamm. Verbindet man den Kessel leitend mit der Erde, so liefert der Konduktor positive Elektrizität, leitet man aber den Konduktor zur Erde ab, so kann man von dem Kessel negative Elektrizität beziehen. Die im Vergleich mit der Reibungsmaschine sehr kräftige Elektrizitätsentwicklung wurde seit der Erfindung der Influenzmaschine wieder in Schatten gestellt.

Die Influenzelektrisirmaschine wurde in zwei dem Prinzip nach übereinstimmenden, der Konstruktion nach abweichenden Gestalten nahezu gleichzeitig von Holtz [2] und von Töpler [3] erfunden. Die Vorläufer der Influenzmaschine waren die sogen. Duplikatoren, Vorrichtungen, um vorhandene Ladungen dadurch zu verstärken, dass man ihnen die in beweglichen Leitern durch Influenz erzeugten gleichnamigen Elektrizitäten hinzufügt, vergl. [4] und [5]. Bei der Holtz'schen Maschine wird eine rotirende Glasscheibe vor den Saugkämmen der Zuleiter zweier Konduktoren vorbeigeführt, während den Kämmen gegenüber auf der andern Seite der beweglichen Scheibe zwei Halbleiter (Papierbelege, getragen von einer festen Glasscheibe), der eine positiv, der andere negativ geladen, durch Influenzwirkung aus den zugekehrten Kämmen die ungleichnamige Ladung auf die bewegliche Scheibe zum Ueberströmen bringen und die gleichnamigen Ladungen je nach dem anderseitigen Konduktor übergeführt aus dem dortigen Kamme auf die Glasscheibe überströmen. Je nach einer halben Umdrehung verstärken die entgegengesetzt geladenen Scheibenhälften die Influenzwirkung der benachbarten Papierbelege und empfangen dabei je die entgegengesetzte Ladung, und zwar sowohl auf ihrer vorderen Seite von den Kämmen als auf der hinteren Seite von den in Spitzen auslaufenden Papierbelegen, deren Ladung selbst sich von einem kleinen Anfange an bis zu einem von dem Grade der Isolation der Maschine abhängigen Maximum verstärkt. Die mit Schleifkontakten versehene Töpler'sche Maschine ist sogar ohne jede anfängliche Zufuhr elektrischer Ladung selbst erregend, ist aber in ihrer anfänglichen Gestalt geringerer elektrischer Spannungen fähig. Weiteres über die Influenzmaschinen verschiedener Systeme s. [6], über die Töpler'schen Maschinen mit vielen rotirenden Scheiben [7], über die Wimshurstmaschine [8] und [9].

Ausser zu wissenschaftlichen Zwecken findet die Elektrisirmaschine Anwendung zur Erzeugung von Entladungsfunken beim elektrischen Gaszünder (s. Leuchtgas) und beim Minensprengen (vergl. [10] über Bornhards Zündelektrisirmaschine), bei der Momentphotographie (vergl. [11] über die Photographie fliegender Geschosse samt den Luftwellen); ferner in der Heilkunde zur Franklinisation, ferner zur Ozonerzeugung mittelst der Ozonisirungsröhren (s. Ozon). Die grossen Töpler'schen Maschinen können sogar zur Stromerzeugung verwendet werden.

Litteratur: [1] Müller-Pouillet-Pfaundler, Lehrbuch der Physik, Braunschweig 1888—90, 9. Aufl., Bd. 3, S. 160 ff. — [2] Poggend. Ann. 126, 127, 130, 1865 und 1867. — [3] Ebd. 125, 1865. — [4] Winkelmann, Handbuch der Physik 3, 1, S. 54 ff., Breslau 1893. — [5] Müller-Pouillet-Pfaundler 3, S. 181 ff. — [6] Ebd. S. 171 ff. — [7] Töpler, Elektrotechn. Zeitschr. 1, S. 56, 1886. — [8] Wimshurst, Philosoph. Magazine 36, S. 264, 1893. — [9] Schaffers, Comptes rendus 119, S. 535—537, 1894. — [10] Müller-Pouillet-Pfaundler, 9. Aufl., Braunschweig 1888—90, Bd. 3, S. 277—279. — [11] Zeitschr. Prometheus, Nr. 222 und 223, 1894. *Aug. Schmidt.*

Elektrizität. Unter diesem Namen fasst man diejenigen Erscheinungen zusammen, welche in das Gebiet der sogen. Reibungselektrizität, auch statische (ruhende) Elektrizität genannt, fallen.

Reibt man einen Glasstab mit einem mit Amalgam (Mischung aus Zinn und Quecksilber) bestrichenen Lederlappen oder eine Siegellack- oder Hartgummistange mit einem Tuchlappen, so erlangen die geriebenen Körper die Fähigkeit, leichte Körperchen, wie Papierschnitzel, Holundermarkkügelchen u. dergl. anzuziehen. Diesen Zustand bezeichnete man als elektrisch (nach dem griechischen Namen des Bernsteinharzes, — Elektron — an welchem man zuerst diese Eigenschaft beobachtete) und die Ursache, welche diesen Zustand hervorrief, als Elektrizität. Körper, welche man durch Reiben in diesen Zustand bringen konnte, nannte man auch idioelektrisch, dagegen anelektrisch diejenigen, welche dies nicht zuliessen. Die mit einem elektrisirten Stabe berührten Körperchen werden aber nicht, wie bei der magnetischen Anziehung, dauernd festgehalten, sondern nach kurzer Berührung wieder abgestossen. Bei der Berührung sind sie selbst elektrisch geworden, ein Teil der Elektrizität des Stabes ist auf sie übergegangen. Denn berührt man gleichzeitig zwei an Seidenfäden hängende Markkügelchen, so werden beide

abgestossen und stossen sich gleich darauf auch gegenseitig ab. — Die beiden elektrischen Körper, der Glasstab und der Hartgummistab, befinden sich jedoch in verschiedenen elektrischen Zuständen, da sie auf ein Markkügelchen entgegengesetzte Wirkungen ausüben. Dasselbe Kügelchen, welches von dem Glasstabe abgestossen wird, wird von dem gleich darauf genäherten Hartgummistabe angezogen und umgekehrt. Ueberträgt man ferner auf die eine von zwei auf Glasfüssen befindlichen (also isolirten) Messingplatten eine Elektrizitätsmenge durch Berührung mit einem elektrisirten Glasstabe und auf die andere eine gleichgrosse Menge durch Berührung mit einem elektrisirten Hartgummistabe, so erweisen sich beide Platten, nachdem man sie zur Berührung gebracht und dann wieder getrennt hat, als vollkommen unelektrisch. Die beiden Elektrizitätsmengen haben sich also gegenseitig aufgehoben oder neutralisirt. Man nahm deshalb zwei verschiedene elektrische Zustände und somit auch zwei verschiedene Elektrizitäten an, die man Glas- und Harzelektrizität oder auch positive und negative Elektrizität nannte. Aus den Beobachtungen des Verhaltens dieser Elektrizitäten in Bezug auf die Anziehung und Abstossung leichter Körper folgerte man das Gesetz: Gleichnamige Elektrizitäten stossen sich gegenseitig ab, ungleichnamige ziehen sich an. — Bei dem Reiben zweier Körper auf einander werden stets beide elektrisch, und zwar der eine positiv, der andere negativ. Ferner kann auch ein und derselbe Körper sowohl positiv als auch negativ elektrisch werden. Glas z. B., welches, mit amalgamirtem Leder gerieben, positiv elektrisch wird, kann durch Reiben mit Pelzwerk negativ werden. Beide Thatsachen führten zu der von Symmer (1759) aufgestellten Theorie, dass die elektrischen Erscheinungen durch zwei imponderable Fluida hervorgebracht würden, welche bei den betreffenden Körpern in gleicher Menge vorhanden seien und sich gegenseitig neutralisirten, während sie beim Reiben zweier verschiedenartiger Körper getrennt würden, so dass der eine einen Ueberschuss des einen, der andere einen Ueberschuss des andern Fluidums erhielte. Diese Theorie ist zwar längst aufgegeben worden, und man würde richtiger sagen müssen: Bei der Berührung zweier Körper tritt eine elektromotorische Kraft auf, welche an dem einen Körper ein höheres, an dem andern ein niedrigeres Potential schafft, hat aber dennoch die ältere bequemere Ausdrucksweise bis heute beibehalten. Die Theorie von Symmer wird auch als dualistisch bezeichnet, welcher Franklin und Aepinus eine unitarische entgegenzusetzen versuchten [1]. Das eigentliche Wesen der Elektrizität ist noch unbekannt. Doch scheinen einzelne Thatsachen darauf hinzuführen, dass sie zu dem Medium der Lichterscheinungen, dem sogen. Lichtäther, in naher Beziehung steht. Zu dieser Ansicht haben namentlich die Herz'schen Versuche [6] geführt, welchem Forscher es gelang, die Uebereinstimmung in der Fortpflanzung, Reflexion und Interferenz zwischen den elektrischen und den Lichtwellen nachzuweisen.

In Bezug auf die Uebertragung der Elektrizität von einem elektrischen Körper auf einen unelektrischen ist folgendes zu beachten. Bringt man einen elektrisirten Körper, z. B. einen Glasstab, mit einem andern Körper, welcher sich im unelektrischen Zustande befindet, in Berührung, so geht der elektrische Zustand mehr oder weniger auf den letzteren über. Hierbei zeigen jedoch die einzelnen Körper ein ganz verschiedenes Verhalten, in dem einige nur an der Berührungsstelle selbst, andere auf ihrer ganzen Oberfläche elektrisch werden. Nach diesem Verhalten kann man sämtliche Körper in zwei Gruppen einteilen, nämlich in solche, welche die Elektrizität sofort und leicht weiterführen, und in solche, welche diese Weiterführung gar nicht oder nur in geringem Masse gestatten. — Zur ersten Gruppe gehören alle anelektrischen Körper, besonders die Metalle, und man nennt sie Leiter; zur zweiten Gruppe alle idioelektrischen Körper, die man Nichtleiter der Elektrizität oder Isolatoren nennt (s. auch Dielektrikum).

Mit dem Namen „Halbleiter“ bezeichnet man eine Gruppe von Körpern, welche ihren Eigenschaften nach zwischen jenen beiden stehen. Es sind:

Leiter: Metalle, Graphit, Kohle, Säuren, Salzlösungen, Wasser.

Halbleiter: Aether, Alkohol, Holz, Papier.

Nichtleiter: Harze, Schwefel, Paraffin, Wachs, Glimmer, Glas, Porzellan, Seide, Kautschuk, Oel.

Die Grösse der abstossenden oder anziehenden Kräfte hängt von den erzeugten Elektrizitätsmengen ab und von der Entfernung, in welcher letztere auf einander wirken.

Unter der Einheit der Elektrizitätsmenge versteht man diejenige Menge, welche auf eine gleich grosse in der Entfernung von 1 cm die Kraft einer Dyne (s. Absolutes Masssystem) ausübt. Diese Einheit, elektrostatische Einheit (E. S. E.) genannt, ist sehr klein; die praktische Einheit, 1 Coulomb, d. i. die Elektrizitätsmenge, welche bei 1 Ampère Stromstärke in 1 Sekunde durch jeden Querschnitt fliesst, ist 3000000000 mal so gross. Zum Messen der Elektrizitätsmenge dient die Coulomb'sche Torsionswage [2]. Coulomb fand ein ähnliches Gesetz, wie es auch für die magnetischen Kräfte gilt, dass nämlich die erzeugte Kraft proportional ist dem Produkt der beiden auf einander wirkenden Elektrizitätsmengen und umgekehrt proportional dem Quadrate ihrer Entfernung. Es ist also $P = \pm \frac{e_1 e_2}{r^2}$ Dyne, wo das $+$-Zeichen für die Abstossung gleichnamiger, das $-$-Zeichen für die Anziehung ungleichnamiger Elektrizitätsmengen gilt.

Eine Folge der Abstossung gleichartiger Elektrizitätsmengen ist auch die, dass auf einem elektrischen Körper die Elektrizität sich im allgemeinen nicht gleichmässig verteilt, sondern sich namentlich an den Enden anhäuft. Wir haben also nicht überall die gleiche Dichte d. h. die gleiche Menge pro Flächeneinheit, sondern dieselbe ist am grössten an besonders hervorragenden Stellen wie Ecken und Spitzen. Hier wird daher die Elektrizität auch am leichtesten ausströmen, andererseits aber auch am leichtesten von aussen her einziehen. Auf dieser letzteren sogen. Saugwirkung der Spitzen beruht die Konstruktion des Blitzableiters etc. — Der Sitz einer im Gleichgewichtszustande befindlichen elektrischen Ladung befindet sich, wie Coulomb durch eine Anzahl Versuche nachgewiesen hat [1], nur an der Oberfläche eines Körpers, und es dringt dieselbe nicht in das Innere ein. Mit den bisher erwähnten Mitteln, dem geriebenen Glas oder Hartgummistabe lassen sich nur geringe Elektrizitätsmengen hervorbringen. Zur Erzeugung grösserer bedient man sich der Elektrisirmaschine (s. d.), des Elektrophors und der Influenzmaschine. Die Anordnung des Elektrophors beruht auf dem Gesetze der elektrischen Influenz.

Nähert man einen elektrischen Körper einem Leiter, so wird das zugewendete Ende des letzteren in Bezug auf den Körper ungleichnamig elektrisch, das entgegengesetzte Ende gleichnamig. Diese Einwirkung bezeichnet man als elektrische Verteilung oder Influenz. Sie erklärt sich nach der alten Ausdrucksweise dadurch, dass die beiden in dem unelektrischen Körper neutralisirten Elektrizitäten bei der Annäherung eines elektrischen Körpers getrennt werden, indem die gleichnamige abgestossen, die entgegengesetzte angezogen wird. Berührt man nun den Leiter, so fliesst die erstere Elektrizität ab, während die letztere festgehalten wird. Lässt man jetzt die Berührung aufhören und entfernt dann den elektrischen Körper, so wird die festgehaltene Elektrizität sich über seine Oberfläche verteilen. Sie ist jetzt im Ueberschuss vorhanden, der vorher unelektrische Körper ist elektrisch geworden.

Wir haben hier also ein neues Verfahren, einen Körper elektrisch zu machen oder Elektrizität zu erzeugen, und hierauf beruht, wie schon erwähnt, die Konstruktion des Elektrophors. Legen wir auf eine derartige metallische Unterlage *a* (Fig. 1) eine isolirende Schicht, z. B. eine Hartgummischeibe oder eine Harzmasse, *b*, laden diese z. B. mit negativer Elektrizität durch Schlagen mit einem Fuchsschwanze und setzen darauf einen metallischen Deckel *c*, so werden in diesem die Elektrizitäten getrennt. Berühren wir nun den Deckel, so fliesst die negative Elektrizität ab. Heben wir alsdann vermittelst einer isolirenden Handhabe *d* den Deckel ab, so enthält er freie positive Elektrizität. Wird diese in Form von Funken entladen, z. B. in einem Sammelapparat (s. u.) aufgespeichert, so kann der Vorgang wiederholt werden. Die Ladung der Harzscheibe bleibt ziemlich lange erhalten, da sie von der metallischen Unterlage festgehalten wird. Man kann so immer neue Elektrizitätsmengen erzeugen; dabei ist aber jedesmal mechanische Arbeit zu leisten, da durch das Heben des Deckels die anziehende Kraft der beiden Elektrizitätsmengen überwunden werden muss.

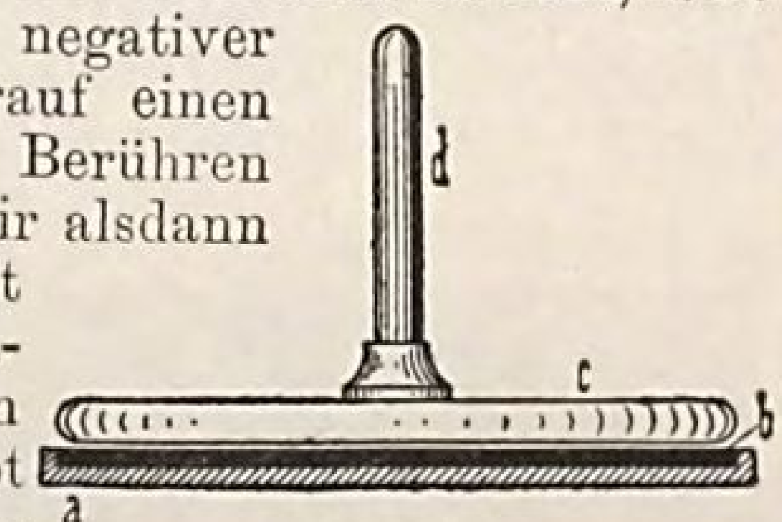


Fig. 1.

Dasselbe Prinzip verwendeten Töpler [7] und Holzt zur Konstruktion von Elektrisirmaschinen, welche die absatzweise Elektrizitätserzeugung des Elektrophors in eine kontinuirliche verwandelten. — Eine weitere Anwendung der Influenzwirkung findet sich bei den elektrischen Sammelapparaten, dem Kondensator (s. d.) und der Leydner Flasche (Fig. 2). Sie besteht aus einem Glasgefässe *a*, welches innen und aussen, mit Ausnahme eines Streifens am oberen Rande, mit Staniolbelägen *b* und b_1 beklebt ist. Führt man der inneren Belegung fortwährend Elektrizität zu, während die äussere zur Erde abgeleitet ist, so wird durch die gegenseitige Influenzwirkung der beiden Belege eine erhebliche Elektrizitätsmenge gebunden und aufgesammelt. Verbindet man durch einen Draht den inneren und den äusseren Beleg, so findet sofort die Entladung der Flasche statt. Um zu erkennen, ob ein Körper elektrisch ist oder nicht und welcher Art die Elektrizität desselben ist, bedient man sich des Elektroskops (Fig. 3); dasselbe besteht aus zwei in einem Glasgefässe *a* an einem metallischen Stabe aufgehängten Markkügelchen oder Goldblättchen *b* und seine Wirkung beruht auf den vorher erwähnten Beziehungen der elektrischen Anziehung und Abstossung. Nähert man dem Knopfe des Apparates einen elektrischen Körper, so divergiren die Blättchen, auch wenn keine Berührung erfolgt; nach der Entfernung desselben fallen sie wieder zusammen. Berührt man jedoch den Knopf oder die Platte z. B. mit einem geriebenen Glasstabe, teilt also dem Elektroskop positive Elektrizität mit, so bleiben die Blättchen divergent. Ist nun der zu untersuchende elektrische Körper ebenfalls positiv, so divergiren sie bei seiner Annäherung stärker, ist er negativ, so fallen sie zusammen.

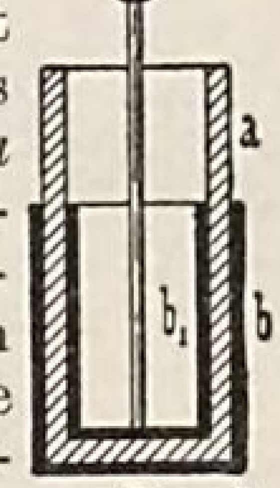


Fig. 2.

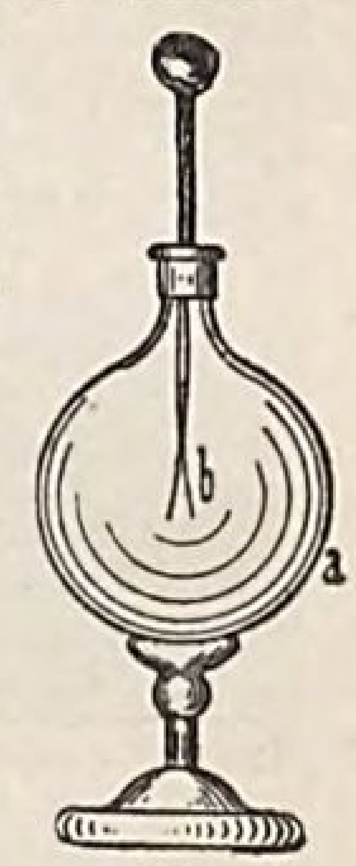


Fig. 3.

Wenn ein Apparat nicht allein den elektrischen Zustand anzeigt, wie der vorstehende, sondern auch eine Messung der auftretenden Kräfte ermöglicht, so nennt man ihn Elektrometer [5]. Das Goldblattelektroskop kann zu einem Elektrometer umgestaltet werden, wenn man hinter den Blättchen eine Skala anbringt, an welcher die Grösse der Divergenz abgelesen werden kann. — Weiteres über Elektrometer s. Elektrische Messinstrumente.

Litteratur: [1] Müller-Pfaundler, Lehrbuch der Physik, Braunschweig 1890. — [2] Wüllner, Lehrbuch der Experimentalphysik, Leipzig 1895. — [3] Fröhlich, Die Lehre von der Elektrizität und dem Magnetismus, Berlin 1878. — [4] Dressel, Elementares Lehrbuch der Physik, Freiburg 1895. — [5] Holzt, Schule des Elektrotechnikers, Leipzig 1896. — [6] Wiedemanns Annalen, Jahrgang 1888 und 1889. — [7] Poggendorffs Annalen, Jahrg. 1865. *Holzt.*

Elektrizität im Beleuchtungswesen, s. Beleuchtung, elektrische; im Verkehrswesen, s. Fernsprecher und Telegraph; im Transportwesen, s. Elektrische Eisenbahnen; in der Chemie s. Elektrolyse.

Elektrizität im Bergbau. Die Anwendung der Elektrizität war im Bergbau bis vor etwa zehn Jahren, entsprechend dem damaligen Stande der Elektrotechnik, eine wenig bedeutende. Elektrische Schachtsignale (s. Schachtförderung) wurden in mehreren Ausführungen benützt, die elektrische Zündung, [1], S. 117, bei der Schiessarbeit (s. d.) war vielfach üblich. Der schon älteren Bestrebungen, mittelst der verschiedenen Verteilung der Elektrizität im Erdinnern Anhalte zur Beurteilung über das Vorhandensein von Erzmitteln zu erlangen, der elektrischen Schürfung [2] (s. Schürfen) sei hier nur kurz gedacht. Im letzten Jahrzehnt hat das Telephon und die elektrische Beleuchtung über und auch unter Tage, hier namentlich das Glühlicht beim Bergbaubetriebe vielfach Eingang gefunden; dagegen blieb die Benützung tragbarer Akkumulatorenlampen (s. auch Sicherheitslampen und Geleucht) wegen der hohen Anschaffungskosten und geringen Haltbarkeit der Akkumulatoren auf die Fälle beschränkt, wo es sich um das Eindringen in mit irrespirablen Gasen erfüllte Räume nach Schlagwetter- und Kohlenstaubexplosionen und um Bekämpfung von Grubenbrand handelte. — Am bedeutungsvollsten ist gegenwärtig für den Bergbaubetrieb die elektrische Arbeitsübertragung, [1], S. 88, [3], [4] (s. auch Kraft- bezw. Arbeitsübertragung im Bergbau). Vor den anderen zur Uebertragung seither angewendeten Mitteln (Gestänge, Dampf, Pressluft, Presswasser) bietet sie in vielen Fällen erhebliche Vorteile und überhaupt die einzige Möglichkeit, die durch eine mehrere Kilometer weit entfernte Kraftquelle erzeugte Arbeit nutzbar zu machen.

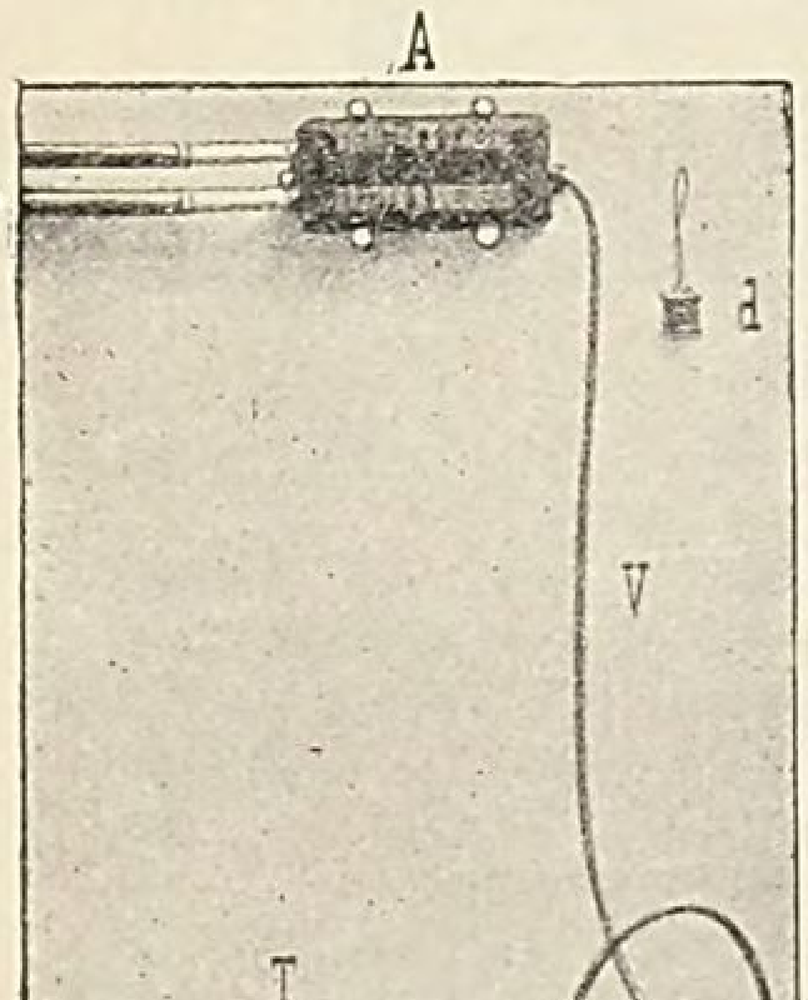


Fig. 1. *T* Kabeltrommel. *L* Festverlegte Leitung. *A* Anschlusskasten. *V* Verbindungskabel. *d* Kappe für den Anschlussstöpsel des Verbindungskabels.

Die hauptsächlichsten Vorzüge der elektrischen Arbeitsübertragung für den Bergbaubetrieb und namentlich für die Verwendung unter Tage sind: hoher Wirkungsgrad, also billiger Betrieb, sehr leichter Einbau der biegsamen Leitung; einfachste Verteilung der Arbeit auf grosse Entfernungen, ferner Verwendbarkeit sowohl für den Betrieb der verschiedensten Arbeitsmaschinen als auch zur Beleuchtung. Für die Art der Arbeitsentnahme von der Leitung ist von besonderer Wichtigkeit die Benützung von Kabeltrommeln (Fig. 1) bei solchen Arbeitsmaschinen, welche oft ihren Standpunkt wechseln, wie Abteufpumpen, Bohr- und Schrämmaschinen. Die festverlegten Leitungen *L* (in diesem Falle für Gleichstrom) enden in einem Anschlusskasten *A*, welcher luftdicht verschlossen ist und auch die Bleisicherungen enthält; von hier aus führt das Verbindungskabel *V*, in dem beide Leitungen vereinigt sind, zur Kabeltrommel *T*, auf welcher 60 m biegsames Leitungskabel aufgewickelt sind; die leitende Verbindung wird durch eine Endscheibe der Trommel vermittelt, *d* ist eine Kappe zum Schutz des Anschlussstöpsels des Verbindungskabels. Die Verlängerung und Verkürzung der Leitung ist durch diese Einrichtung erheblich erleichtert. Die ständige Abgabe von Arbeit an eine Lokomotive ist nur von der elektrischen Leitung aus möglich; bei Anwendung von Dampf und Pressluft lässt sich nur das für Grubenbetrieb minder geeignete System der Reservoir-Lokomotiven anwenden [5]. Was die anderen ausser der Elektrizität anwendbaren Uebertragungsmittel betrifft, so kommt die Arbeitsübertragung durch Gestänge fast nur noch in Schächten für Wasserhaltungen in Frage; die Uebertragung durch Dampfleitung oder mittelst Presswassers, und zwar letzteres von mehr als 200 Atm. Druck, ist nur dort in Anwendung, wo es sich um den Betrieb einzelner Maschinen von grosser Leistung in unmittelbarer Nähe der Schächte handelt; bei Dampfleitungen lässt sich überdies Wärmeentwicklung, welche für die Wetterwirtschaft oft unvorteilhaft wird, nicht ganz vermeiden. Presswasserbetrieb von solchen Motoren, z. B. Haspeln und Bohrmaschinen, die ein häufiges Anlassen und Abstellen erfordern, ist unbequem, da Wasser nicht merklich komprimirbar ist und deshalb die Presse ungleichmässig belastet wird, auch Stösse in den Leitungen unvermeidlich sind. Am ehesten kann sich der elektrischen Arbeitsübertragung diejenige durch Pressluft an die Seite stellen; doch ist der Wirkungsgrad

bei Pressluftbetrieb niedriger und der Einbau der Leitung etwas schwieriger. Sehr vorteilhaft dagegen, gerade im Bergbaubetriebe, ist die Ventilation der Betriebspunkte, Maschinenräume u. s. w. durch die Abluft.

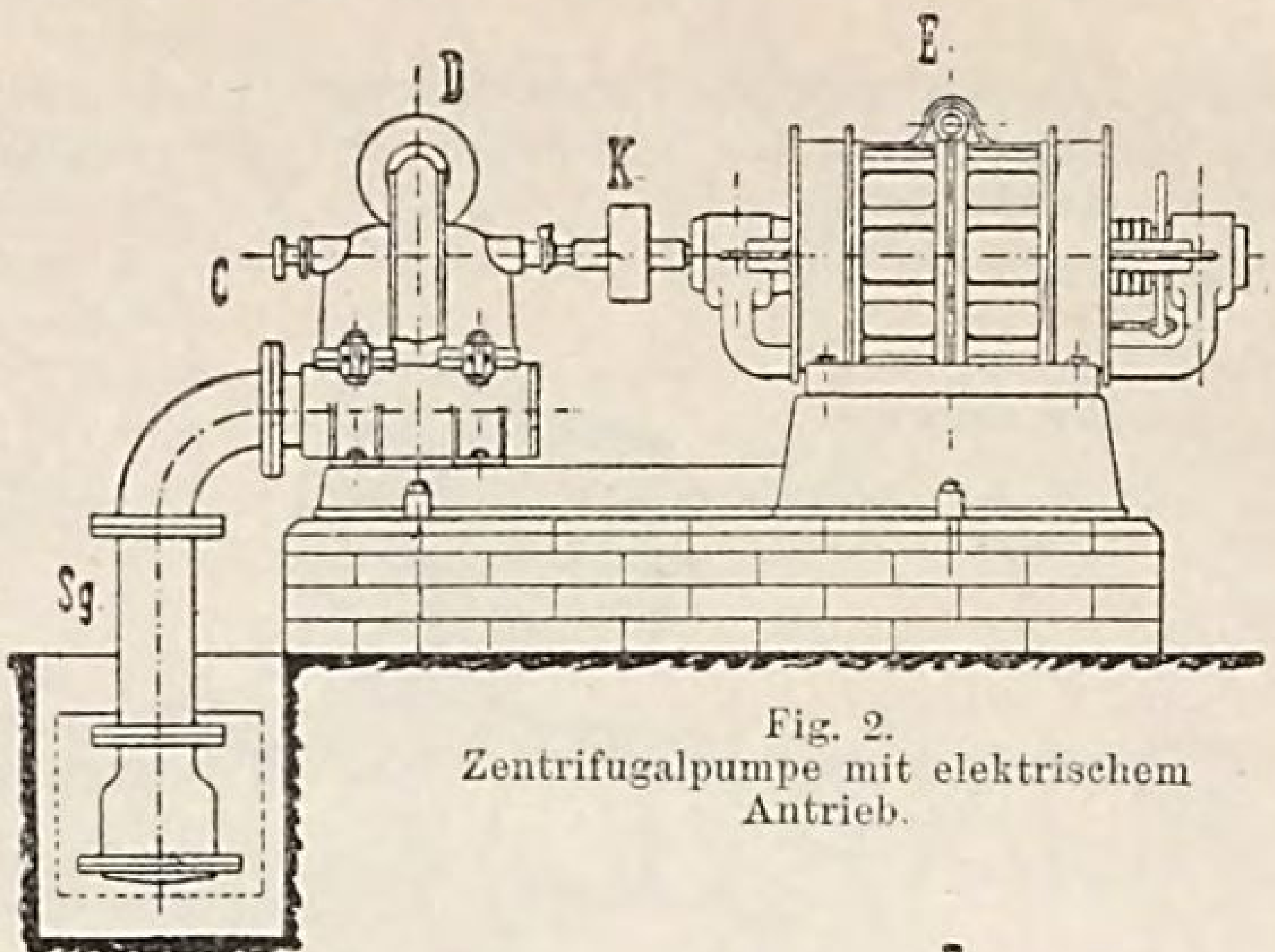


Fig. 2.
Zentrifugalpumpe mit elektrischem Antrieb.

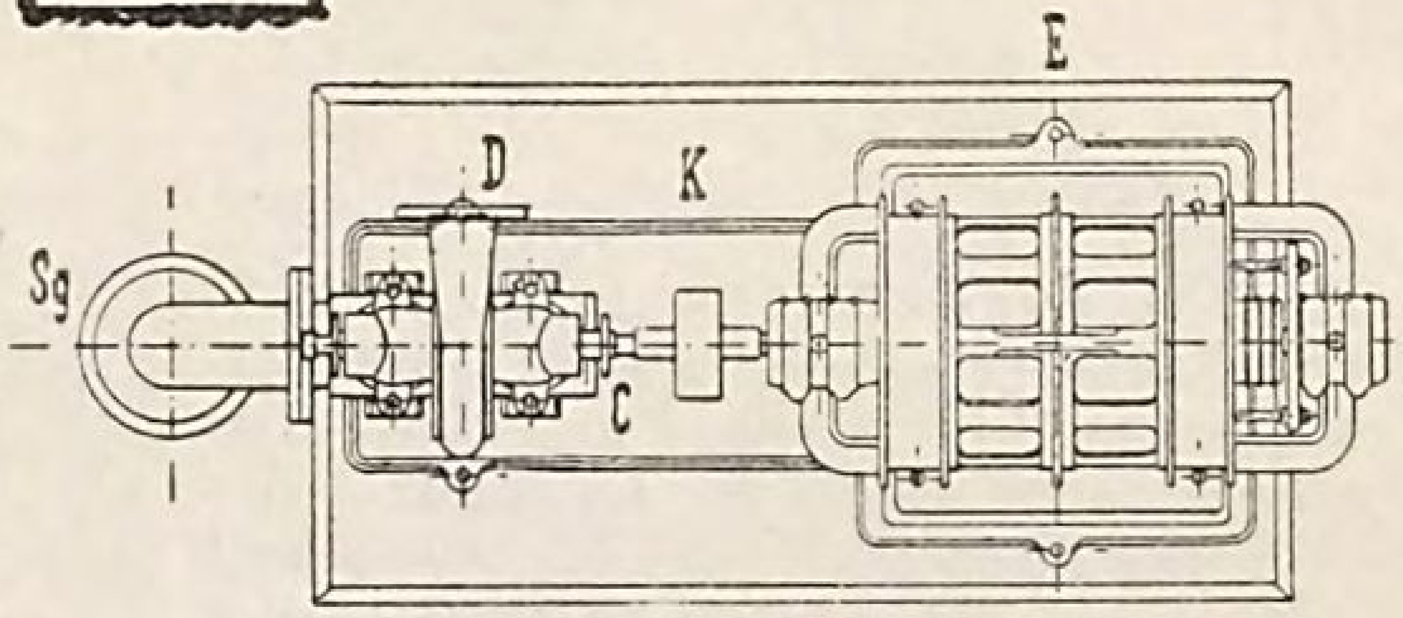


Fig. 2 a.

Es wird heute sowohl Gleichstrom als auch Wechselstrom und zwar mehrphasiger Wechselstrom oder Drehstrom im Bergbau angewendet. Der erstere kommt namentlich bei geringeren Entfernungen und kleinerem Arbeitsbedarf in Frage; er ermöglicht die Anwendung von Akkumulatoren, wodurch eine erhöhte Betriebssicherheit erzielt werden kann. Für Lokomotivbetrieb ist Gleichstrom geeigneter, da er nur zwei Leitungen erfordert, während für Wechselstrom drei nötig sind und die Einrichtung der Weichen nicht so einfach wird; auch ist Rückleitung durch die Schienen bei Wechselstrom nicht zulässig. Drehstrom-Dynamomaschinen sind für Uebertragung des Arbeitsbedarfes auf grosse Entfernungen vorzuziehen, da sie sich für wesentlich höhere Spannungen wickeln lassen, als Gleichstrommaschinen; für gleiche Leistung ergibt sich dadurch eine geringere Stromstärke und kleinerer Querschnitt, also niedrigere Anlagekosten der Leitung. Auch sind Drehstromtransformatoren den Gleichstromtransformatoren dadurch überlegen, dass sie keine beweglichen Teile haben.

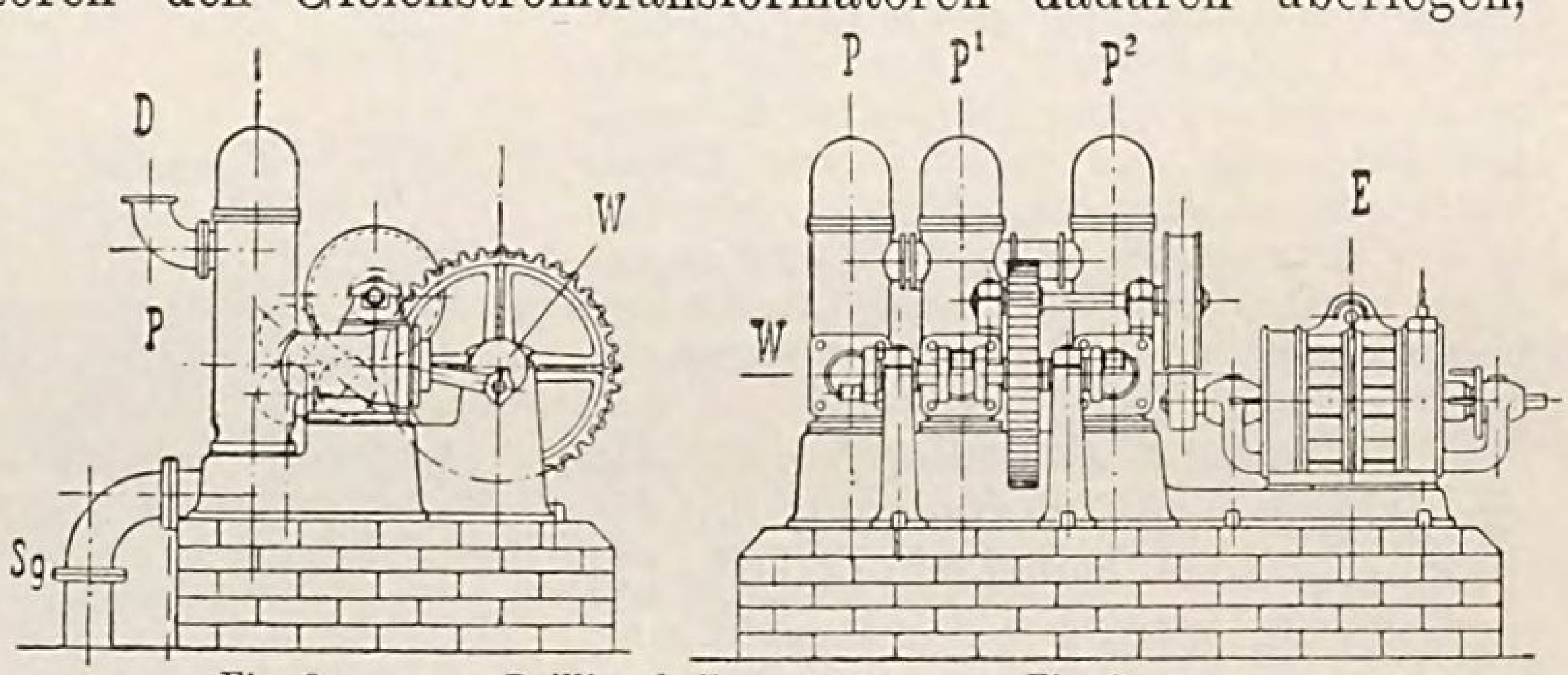


Fig. 3 a. Drillingskolbenpumpe. Fig. 3.
P Plungerpumpe. *E* Elektromotor. *W* Kurbelwelle.

In Fig. 2 und 2 a ist eine elektrisch betriebene Zentrifugalpumpe dargestellt; es bezeichnet *E* den Elektromotor, *K* die nachgiebige Kupplung, *C* die Zentrifugalpumpe; *Sg* ist das Saugrohr, *D* der Flantsch für das Steigrohr. Elektromotor und Pumpe sitzen auf derselben Welle; die sämtlichen Teile sind auf einem gemeinsamen Grundrahmen aufgestellt. Diese Pumpen werden für Wassermengen von 0,25 bis 20 cbm in der Minute und für Druckhöhen bis 24 m gebaut. Der Antrieb kleiner schnelllaufender Ventilatoren erfolgt in derselben Weise; grosse Ventilatoren mit kleiner Umlaufszahl werden durch Riemenvorgelege mit der Elektromotorwelle verbunden. Für Ventilatorschächte, welche nicht selten in bedeutender Entfernung von der Hauptschachtanlage, etwa nahe der Feldgrenze benötigt werden, erspart man bei elektrischer Arbeitsübertragung die besondere Kesselanlage nebst den Einrichtungen für Kohlenzufuhr und Speisewasser-Versorgung.

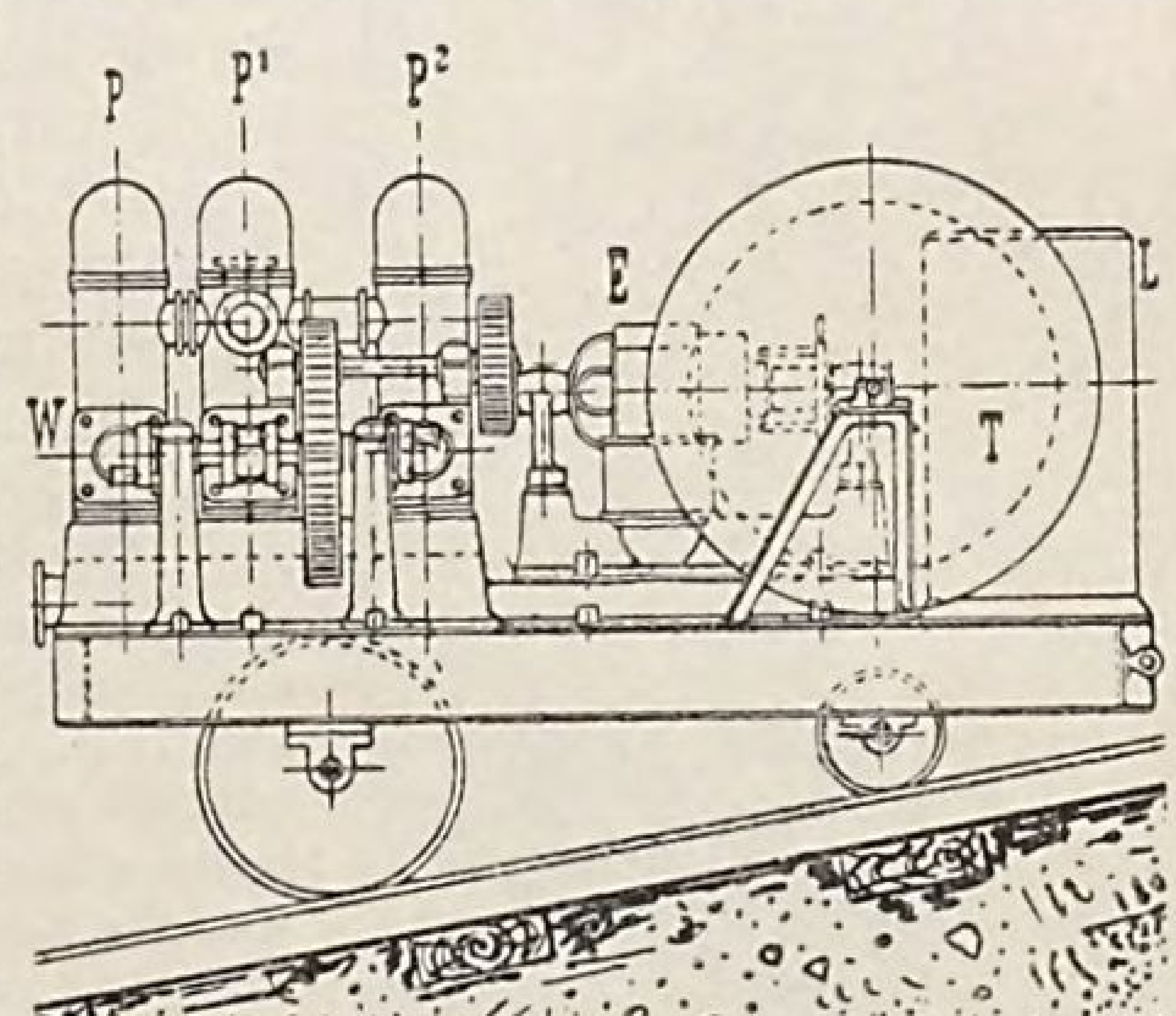


Fig. 4. Fahrbare Kolbenpumpe mit elektrischem Antrieb.

Fig. 3 und 3 a zeigt eine Drillingskolbenpumpe mit elektrischem Antrieb. Durch die Anordnung von drei Plungern *P*, P^1, P^2, deren Antriebskurbeln um je 120° gegen einander versetzt sind, ist nicht nur die für einen ruhigen Gang der Pumpe erforderliche gleichmässige Wassergeschwindigkeit im Saug- und Druckrohr erreicht, sondern auch ein nur wenig schwankender Arbeitsbedarf. Der Elektromotor *E* steht auf einer Verlängerung der Grundplatte und treibt die Kurbelwelle *W* mit zweifachem Vorgelege an. Infolge der seitlichen Anordnung des Motors bleiben sämtliche Teile leicht zugänglich.

Diese Pumpen werden für Wassermengen bis zu 10 cbm in der Minute und für Druckhöhen bis zu 100 m gebaut. Aus Fig. 4 ist die Anordnung einer ähnlichen Drillingskolbenpumpe nebst Elektromotor, Anlasser L und Kabeltrommel T auf einem fahrbaren Gestell ersichtlich, wie dieselbe beim Vortrieb von Fallstrecken, z. B. zur Ausrichtung tieferer Sohlen, Verwendung findet. Die Pumpe wird mit Hilfe eines Flaschenzuges gesenkt, das Kabel wickelt sich dementsprechend von der Trommel ab und wird an der Firste befestigt; es bedarf dann nur noch der Verlängerung des Steigrohres und die Pumpe ist wieder betriebsfertig.

Drehbohrmaschine System Siemens & Halske mit Sicherheits-Vorschubwerk.

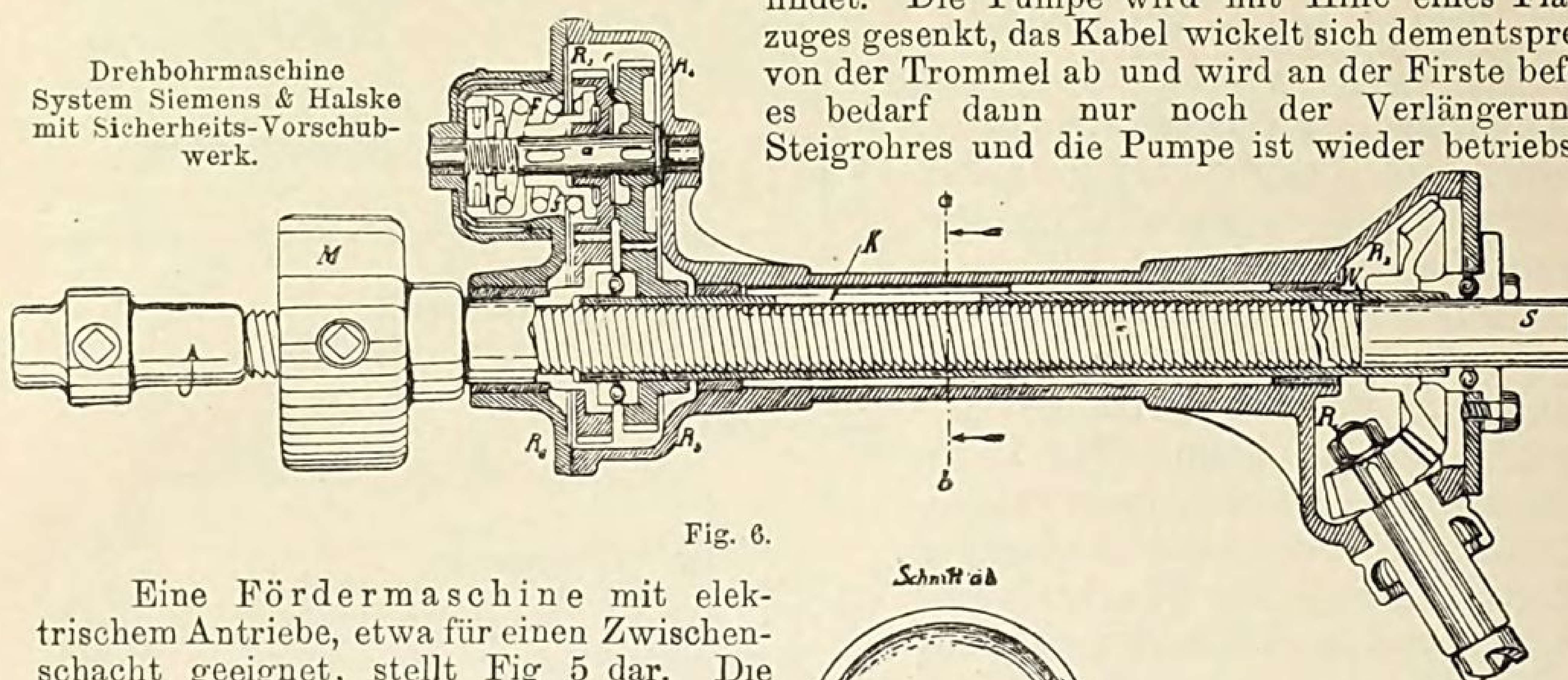


Fig. 6.

Eine Fördermaschine mit elektrischem Antriebe, etwa für einen Zwischenschacht geeignet, stellt Fig 5 dar. Die Maschine hat einfaches Vorgelege, der Motor ist seitlich angebaut, Bremsung und Umsteuerung des Motors werden durch denselben Steuerhebel St und den Brems B^1 mit Hilfe des besonders für diesen Zweck von der Firma C. Hoppe, Berlin, gebauten Anlasskastens L für umzusteuernde Motoren bewirkt. Auf der Fördertrommel F ist eine zweite elektrisch bethätigte Bremse B vorhanden, t ist der Teufenzeiger mit Sicherheitsvorrichtung gegen das Zuhochtreiben (Ueberheben). Diese Maschinen werden auch so gebaut, dass die Seillängen für Förderung aus verschiedenen Sohlen leicht eingestellt werden können; jede der beiden Trommeln besitzt dann ein besonderes ausrückbares Vorgelege, Bremse und Teufenzeiger nebst Vorrichtung gegen das Ueberheben.

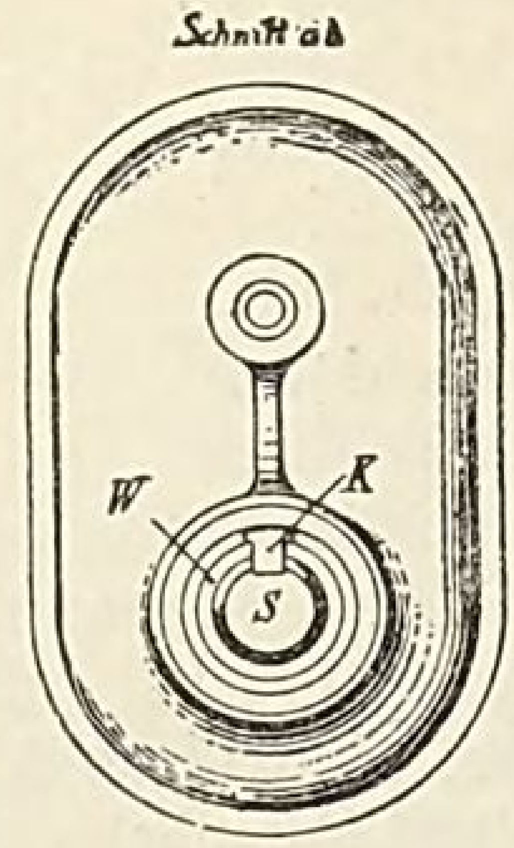


Fig. 6 a.

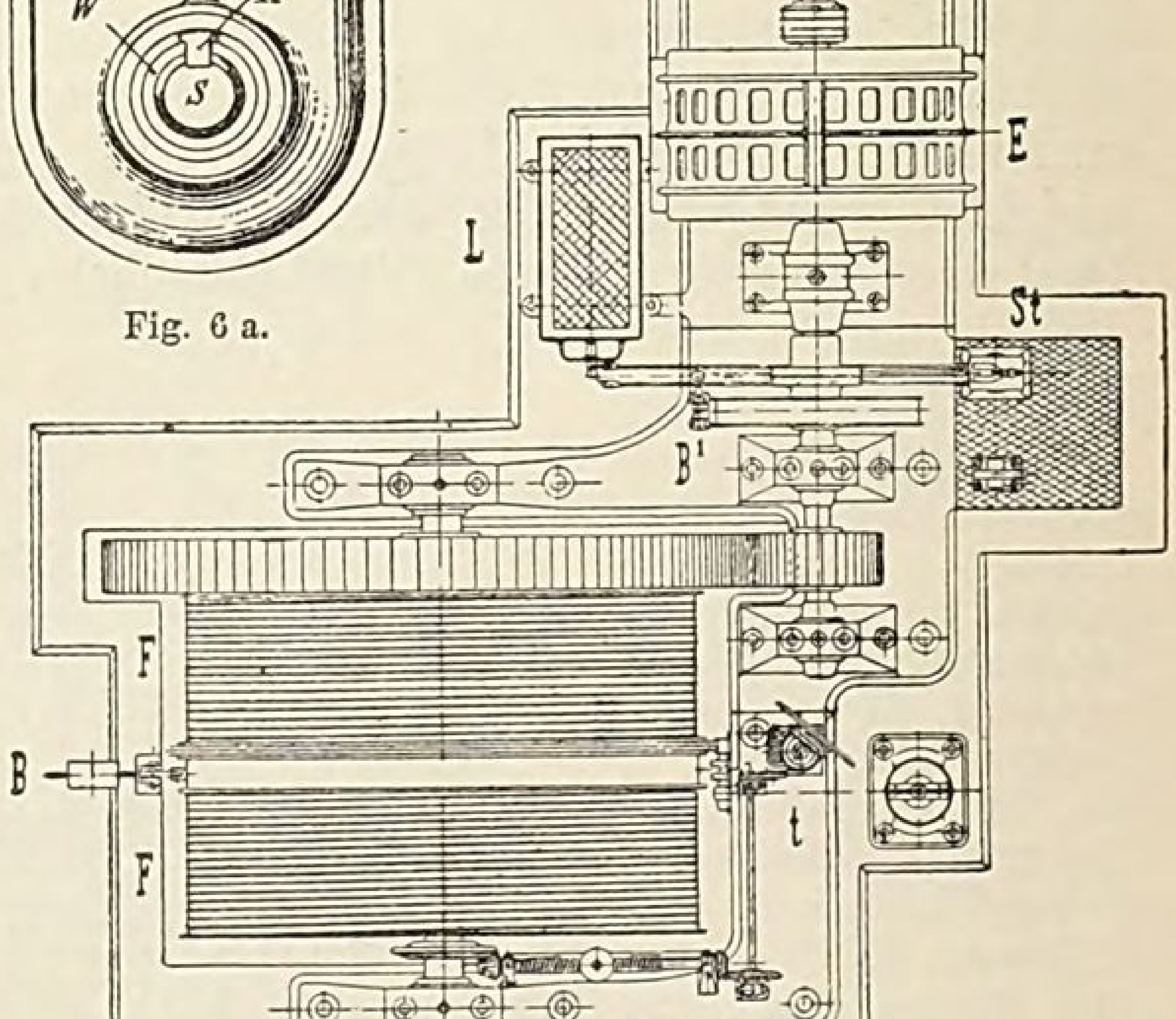


Fig. 5. Fördermaschine mit elektrischem Antrieb.

Besondere Bedeutung hat die elektrische Kraftübertragung für die bergmännische Bohrtechnik [6], [7] erlangt und zwar bei der Herstellung der Sprenglöcher sowohl durch drehendes Bohren in weicheren Gesteinen mittelst Schlangenbohrer als auch durch Stossbohren in härteren Gesteinen. Das Drehbohren in harten Gesteinen mit Hilfe der Diamantkrone und Antrieb durch Elektromotor ist zwar ausgeführt worden [8]; es dürften jedoch die Kosten des Diamantverbrauches praktisch (für Zwecke der Schiessarbeit) meistens zu hohe werden.

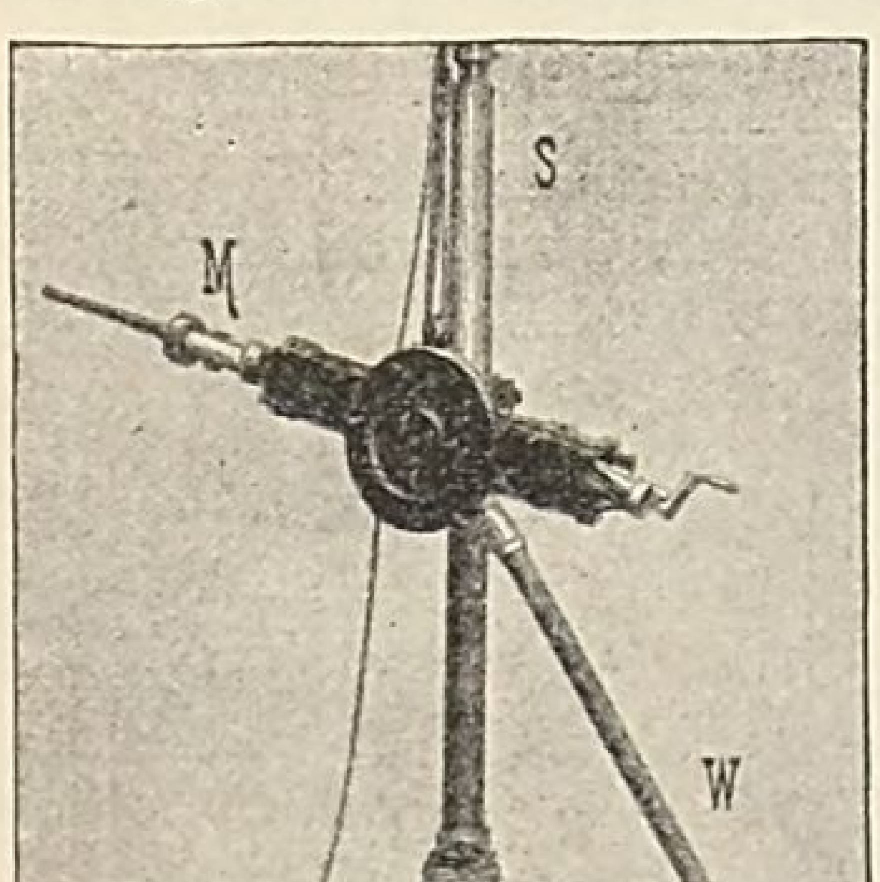


Fig. 7. Stossbohrmaschine mit elektrischem Antrieb.

Die Bauart der elektrisch angetriebenen Drehbohrmaschine der Firma Siemens & Halske, welche zurzeit in Deutschland am häufigsten angewendet wird, ist aus Fig. 6 und 6a ersichtlich. Der Antrieb vom Elektromotor aus ist dem der Stossbohrmaschine gleich (vergl. Fig. 7) und unten näher besprochen. Die hohle Welle W wird durch die Kegelräder R_1 und R_2 angetrieben und bewirkt mittelst Feder und Nut K die Drehung der Schraubenspindel S. Das auf W sitzende Rad R_3 setzt mittelst des Vorgeleges R_4 und R_5 das Rad R_6 und damit die mit der Spindel S gepaarte Mutter M in Drehung mit einer Winkelgeschwindigkeit, welche von derjenigen der

Spindel S abweicht. Die zwischen M und S entstehende Relativdrehung, deren Grösse abhängig ist von der Gewindesteigung und den Verhältnissen der Zähnezahl der Räderpaare R_3—R_4 und R_5—R_6, bewirkt in bekannter Weise den Vorschub von S; der Axialdruck wird durch Kugellager auf das Gestell der Maschine übertragen. R_4 und R_5 sind jedoch nicht fest mit einander verbunden, sondern haften auf einander durch die Ringflächen r, mit denen sie durch eine Feder F von genauer Einstellbarkeit an einander gepresst werden. Somit wird ein sich selbst regelnder Vorschub (D. R. P. Nr. 75303) der Spindel S nebst Bohrer verbürgt, denn sobald S mit dem Bohrer zu weit vorrückt, wird die Reibung zwischen S und M grösser als normal: es drehen sich dann S und M mit der gleichen Winkelgeschwindigkeit und die Räder R_4 und R_5 gleiten auf einander, bis der Bohrer sich frei gebohrt hat und erneutes Vorrücken erfolgt. Die Bohrleistung beim Salzbergbau betrug in reinen Salzen 300 bis 400 mm, im Salzthon 200—250 mm in 1 Minute reiner Bohrzeit, die Lochweite war 40 mm, der Energieverbrauch 800 Watt.

Für Stossbohren mittelst elektrischer Arbeitsübertragung sind heute zwei Systeme in Gebrauch; die Spulen- oder Solenoïdmaschine und die Kurbelstossbohrmaschine von Siemens & Halske. Von den Solenoïdmaschinen ist die Bauart van Depoele [7] am bekanntesten; das Prinzip wurde jedoch von Werner v. Siemens bereits 1879 (Elektrischer Hammer, D. R. P. 9469) zuerst angewendet. Van Depoeles Stossbohrmaschine besteht aus einem weichen Eisenkern als Bohrerhalter; dieser ist umgeben von drei Drahtspulen, die mittlere erhält von dem mit eigenartiger Bürsteneinrichtung versehenen Elektromotor pulsirenden Gleichstrom, durch welchen der Eisenkern beim Vorstoss stärker, beim Rückgang schwächer magnetisirt wird, die beiden anderen Spulen erhalten pulsirenden Wechselstrom und bewirken die Stossbewegung des Eisenkernes, Pufferfedern begrenzen den Hub und leiten die Umkehr der Bewegung ein. Umsetzung und Vorschub unterscheiden sich nicht von den sonst an Stossbohrmaschinen üblichen Einrichtungen. Die Bauart ist einfach, doch wird die Maschine leicht heiss; die Leistung ist etwa derjenigen der durch Pressluft betriebenen Stossbohrmaschinen gleich.

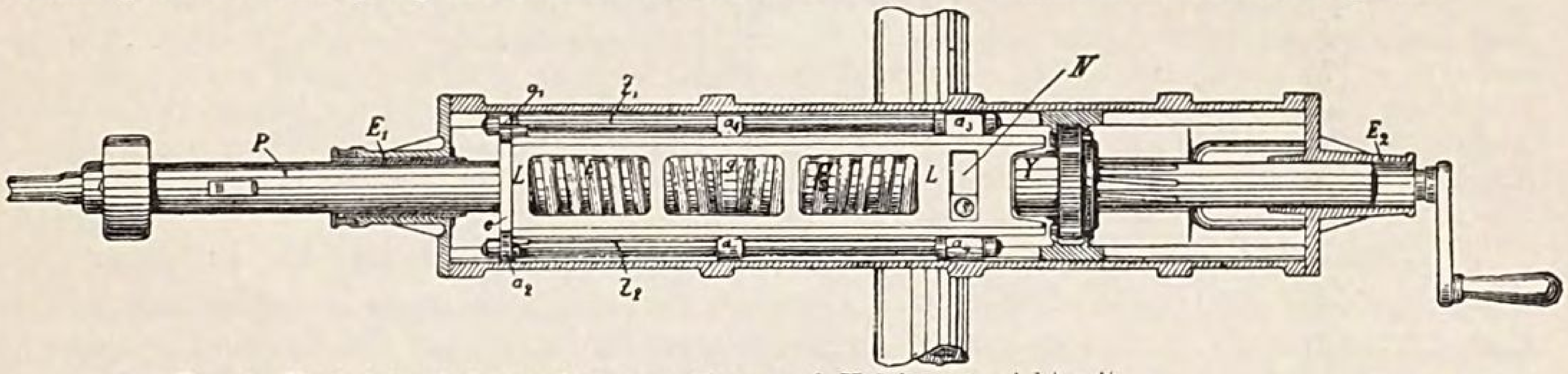


Fig. 8. Kurbelstossbohrmaschine von Siemens & Halske. Ansicht mit abgenommenem Deckel, z. T. Schnitt.

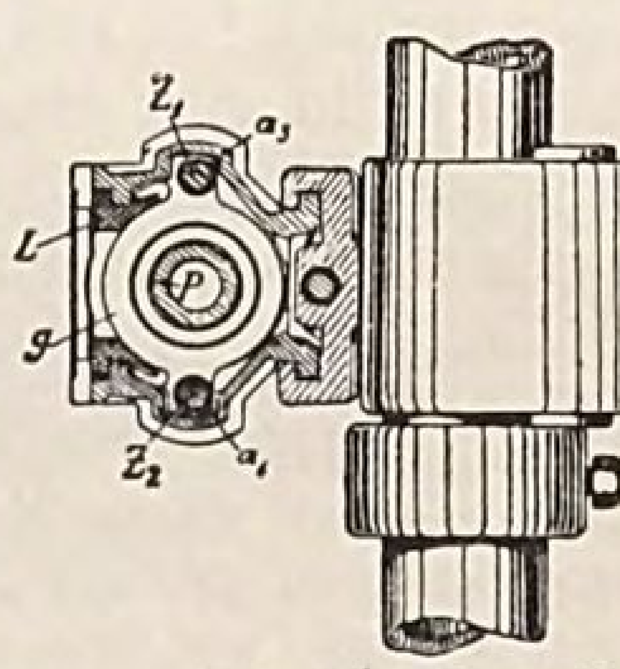


Fig. 8 b. Querschnitt.

Die Kurbelstossbohrmaschine von Siemens & Halske [6] hat sich in der bergmännischen Praxis bestens bewährt (vgl. Fig. 7, 8, 8 a und 8 b). Der Antrieb (D. R. P. 76267), welcher wie bei der Drehbohrmaschine erfolgt, wird vom Elektromotor aus, der nebst den zugehörigen Anlasswiderständen in einem eigenen Kasten E (Fig. 7) untergebracht ist, durch eine biegsame Stow'sche Welle W mittelst Vorgelege auf die Kurbelwelle K der Bohrmaschine (Fig. 8 a) übertragen. Die Stow'sche Welle besteht aus einer Anzahl konaxialer Stahldrahtspiralen und der Schutzhülle; an den Enden sind Fassungen zur Kupplung angebracht. Um die biegsame Welle in möglichst

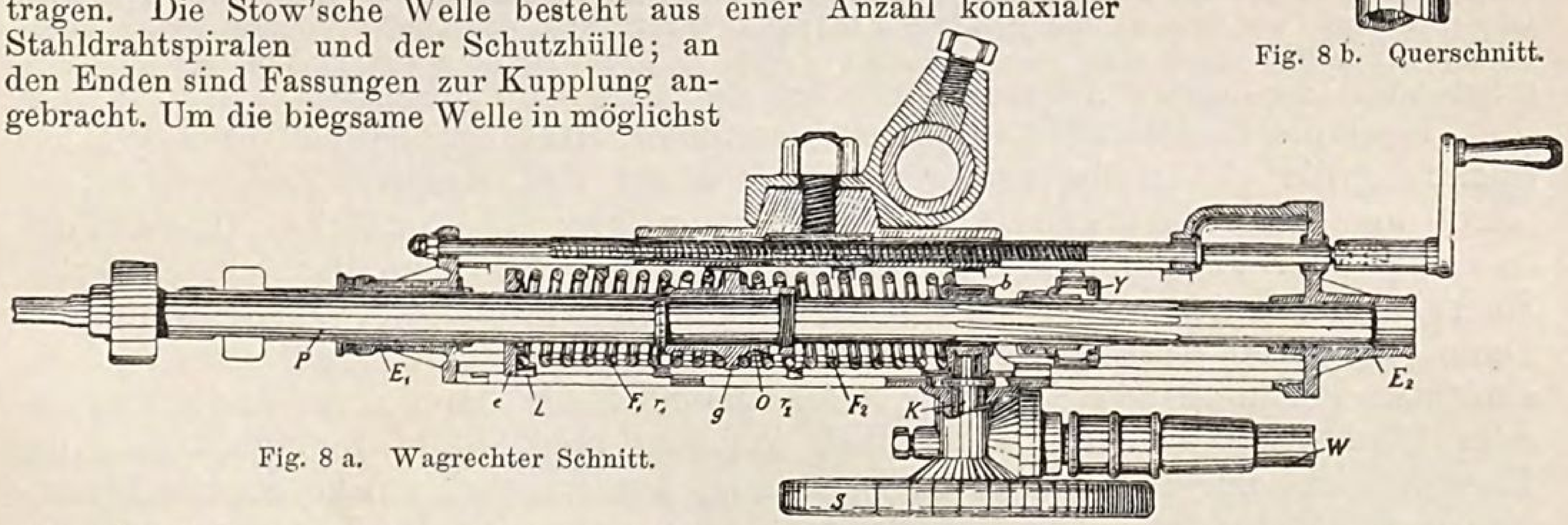


Fig. 8 a. Wagrechter Schnitt.

schlankem Bogen zur Bohrmaschine zu führen, ist das Gehäuse, welches den Antrieb umschliesst, auf der Kurbelwelle drehbar und feststellbar. — Der Stosskolben P der Bohrmaschine wird von einer Antriebskurbel K mittelst einer federnden Verbindung vor- und rückwärts bewegt (D. R. P. 61039 und 76660). Der Kurbelzapfen der Antriebswelle spielt mittelst Gleitstück in einem Schlitz N des zwangläufig geführten Schlittens L; dieser trägt an seinen Enden je einen den Stosskolben frei umfassenden ringförmigen Teil und zwar am hintern Ende den Bügel b und am vordern den zwecks Einführung der anderen Teile abnehmbaren Deckel e. Letzterer ist auf den Schlitten aufgeschraubt und wird vom Bügel aus durch zwei Bolzen Z^1 und Z^2 gehalten; diese greifen an die Ansätze a_1 und a_2 des Deckels und a_3 und a_4 des Bügels an und sind, wie aus Fig. 8b ersichtlich, in zwei seitlich im Maschinengestell befindlichen Rinnen geführt. Auf den Kolben ist zwischen zwei aufgeschraubten Ringen r_1 und r_2 die Stossbüchse O, mit Ring g aus einem Stück bestehend, aufgeschoben; sie umfasst den Kolben frei, so dass dieser

sich in ihr — wegen der Umsetzung — drehen kann, wird aber selbst dadurch, dass die Bolzen Z^1 und Z^2 durch die Ansätze a_5 und a_6 hindurchgehen, gerade geführt. Zwischen den Ring g der Stossbüchse und den Deckel e einerseits und g und die Büchse b andererseits sind die Spiralfedern F_1 und F_2 eingespannt. Wird nun die Kurbel K gedreht, so bewegt sich der Schlitten L hin und her und der Stosskolben muss dieser Bewegung folgen, weil die Federn F_1 und F_2 abwechselnd von der einen und von der andern Seite gegen den Ring g der Stossbüchse O drücken. Das Einwechseln eines neuen Rohres ist dadurch eigenartig (D.R.P. 77887), dass die Einführung von rückwärts durch den hohlen Stosskolben erfolgt. Ein Vorzug der Maschine ist auch die starke Rückzugkraft, wodurch Klemmungen des Bohrers vermieden werden. Die Einrichtung zum Umsetzen des Stosskolbens Y, ebenso die Vorrückung, welche gewöhnlich mit der Hand erfolgt, auch die Befestigung der Maschine an der Spannsäule ist die übliche und aus den Fig. 7—8 b ersichtlich (s. a. Bohrmaschinen für bergmännische Zwecke). Bohrmaschine nebst Zubehör können von 2 Mann bequem gehandhabt werden; der Arbeitsbedarf ist nur 1 eff. PS., die Bohrleistung in hartem Granit oder Quarz 8—10 cm in einer Minute bei 35 mm Lochdurchmesser. (Fig. 1—8 b nach Siemens & Halske, Berlin.)

Litteratur: [1] Görges, H. und Zickler, K., Die Elektrotechnik in ihrer Anwendung auf das Bauwesen, Anhang zum 4. Bande des Handbuchs der Ingenieurwissenschaften, Leipzig 1890, S. 117. — [2] Posepny, F., Ueber neuere, am Comstock- und im Eureka-Bergreviere durchgeführte Versuche der elektrischen Schürfung, Oesterreichische Zeitschrift für Berg- und Hüttenwesen 1885, S. 411. — [3] Siemens & Halske, Berlin, Charlottenburger Werk, Elektrische Kraftübertragung im Bergbau, 1896. — [4] Sprague, Thimothy W., Electrical Transmission of power in mining, in: Rothwell, Richard P., The Mineral Industry, its statistics, technology and trade; in the United States and other countries to the end of 1894, New-York and London 1895, Bd. 3, S. 669. — [5] Wengler, Die Pressluftanlage des Berggebäudes Alte Hoffnung Gottes zu Kleinvoigtsberg, Jahrbuch für das Berg- und Hüttenwesen im Königreich Sachsen auf das Jahr 1894, Freiberg 1894, S. 60. — [6] Meissner, Waldemar, Der elektrische Antrieb für Gesteinsbohrmaschinen und das Gesteinsbohrsystem der Firma Siemens & Halske, Elektrotechnische Zeitschrift 1895, Heft 34 und 40. — [7] Drotz, Hugo, Die elektrische Stossbohrmaschine, System Charles van Depoele, im Erzherzoglich Albrecht'schen Eisensteinbergbau in Zsakarócz, Oesterreichische Zeitschrift für Berg- und Hüttenwesen 1894, S. 480. — [8] Georgi, M., Die Diamantbohrmaschine mit elektrischem Antriebe im königlichen Steinkohlenwerke zu Zauckerode, Jahrbuch für das Berg- und Hüttenwesen im Königreich Sachsen auf das Jahr 1890, S. 95. *Treptow.*

Elektrizitätszähler. Diejenigen Instrumente, welche die in einer bestimmten Zeit gelieferte elektrische Energie messen und auch bei schwankendem Energieverbrauch die einzelnen Energiemengen addiren und die Summe anzeigen, nennt man Elektrizitätszähler [2]. Solche Instrumente sind z. B. erforderlich, um die von einer Zentralstation an die einzelnen Konsumenten abgegebene elektrische Energie festzustellen; sie erfüllen da dieselbe Aufgabe wie die Gasuhren einer Gasanstalt.

Multiplizirt man den Effekt (in Voltampère oder Watt) mit der Zeit, während welcher er geleistet wurde, so erhält man die in dieser Zeit gelieferte elektrische Arbeit oder Energie. Die Einheit dafür ist die Voltampère-Sekunde oder Wattsekunde, d. h. diejenige Energie, welche 1 Ampère bei einem Spannungsverbrauch von 1 Volt in 1 Sekunde leistet. Bei grösseren Energiemengen gilt als Einheit die Wattstunde. Wird z. B. ein Effekt von 1 Watt 1 Stunde lang geleistet, so beträgt die gesamte Energie 1 Wattstunde oder 3600 Voltampèresekunden. Dieselbe Energie wird aber auch geliefert durch z. B. 30 Ampère bei 20 Volt Spannung in 6 Sekunden oder durch 3 Ampère bei 120 Volt Spannung in 10 Sekunden u. s. f.

Sind die Elektrizitätszähler so eingerichtet, dass sie auch bei veränderlicher Spannung die elektrische Energie, das Produkt Volt.Ampère · Zeit messen, so nennt man sie Wattstundenzähler oder kurz Wattzähler (auch Voltcoulomb- oder Voltampèrezähler). Meist ist jedoch die Spannung der gelieferten Energie konstant, so stets in dem erwähnten Beispiel der Zentralstationen. Dann genügt ein Instrument, welches das Produkt Ampère · Zeit misst und die einzelnen Produkte addirt. Man nennt diese Zähler dann Ampèrestunden- oder Coulombzähler. Schliesslich kommen auch Fälle vor, in denen die Energie nicht nur mit konstanter Spannung, sondern auch mit konstanter Stromstärke geliefert wird. Die Instrumente haben dann nur die Zeiten zu addiren, während welcher der Strom eingeschaltet ist. Solche Zähler können als elektrische Zeitzähler bezeichnet werden. Sie bestehen aus einem Uhrwerk, welches durch den Strom in Betrieb gesetzt wird, bei der Stromunterbrechung aber zum Stillstande kommt. Am meisten in Gebrauch sind die Coulombzähler. Dieselben messen das Produkt Stromstärke · Zeit, Jt, und addiren auch bei schwankendem Stromverbrauche die einzelnen Produkte Jt. Sie messen also die Elektrizitätsmenge, welche in einer bestimmten Zeit durch eine Leitung geflossen ist. Nun ist bekanntlich bei der chemischen Wirkung die zersetzte Menge proportional der Elektrizitätsmenge, $Q = aJt$ (wo a das elektrochemische

Aequivalent ist. Es lag daher der Gedanke nahe, die chemische Zersetzung zur Messung der Elektrizitätsmenge zu verwenden.

Dieses System ist besonders von Edison entwickelt worden, dessen Zähler in Amerika vielfach in Gebrauch ist. Edison wendet ein Zinkvoltameter an und legt dasselbe, damit die Dimensionen nicht zu gross zu machen sind, in den Nebenschluss. Es geht also nur ein Teil des Hauptstromes, etwa $^1/_{1000}$, durch das Voltameter, so dass die Angaben des Zählers mit 1000 zu multipliziren sind. Die Elektrizitätsmenge wird aus dem Gewichtsverlust der Anode berechnet. Da nun durch die Multiplikation mit 1000 jeder Fehler der Messung erheblich ins Gewicht fallen würde, sind die Messungen sehr genau zu machen und noch einzelne Vorrichtungen anzubringen, um einige Fehlerquellen zu beseitigen. Bei einer neueren Konstruktion hat Edison die Einrichtung getroffen, dass die Gewichtsänderung sich selbstthätig auf ein Zählwerk überträgt [3].

Alle in Deutschland verwendeten Elektrizitätszähler beruhen auf der elektromagnetischen resp. elektrodynamischen Wirkung des elektrischen Stromes. Am verbreitetsten ist der von H. Aron (Berlin) im Jahre 1884 konstruirte Zähler [1], [2], welcher in seiner ursprünglichen Form aus einer Pendeluhr, einem sogen. Regulator, bestand, deren Gang durch den zu messenden Strom beeinflusst wurde. Bekanntlich hängt die Schwingungsdauer eines Pendels ausser von der Pendellänge auch noch von der auf dasselbe wirkenden anziehenden Kraft ab. Kommt nun zu der Anziehungskraft der Erde noch eine zweite Kraft hinzu, welche auf das Pendel einwirkt, so ändert sich die Schwingungsdauer, und zwar schwingt das Pendel schneller, wenn diese zweite Kraft in demselben Sinne wirkt wie die Schwerkraft, langsamer im entgegengesetzten Falle. An dem Pendel der Uhr ist ein Stahlmagnet angebracht, welcher mit dem einen Pol über einer feststehenden Rolle mit dickem Draht schwingt, durch die der zu messende Strom geleitet wird. Fliesst kein Strom durch die Spule, so wirkt der Magnet nur wie ein schwerer Körper, und die Uhr hat normalen Gang. Wird jedoch der Strom eingeschaltet, so wirkt derselbe auf den Magneten ein und ändert die Schwingungsdauer, und zwar ist die Einrichtung so getroffen, dass der Gang des Pendels stets beschleunigt wird. Die Uhr eilt also gegen eine normalgehende vor, und diese Abweichung ist genau proportional der Stromstärke, so dass daraus die durch den Apparat gegangene Elektrizitätsmenge berechnet werden kann. Um den Vergleich mit einer Normaluhr zu vermeiden und zugleich eine direkte Ablesung zu erhalten, werden bei den neueren Konstruktionen zwei Pendel verwendet, welche auf gleiche Schwingungsdauer abgeglichen sind. Das linke Pendel ist ein gewöhnliches, das rechte trägt am unteren Ende als schweren Körper einen Stahlmagneten, welcher über einer Spule schwingt. Die Pendel werden durch je ein Uhrwerk im Gange erhalten und wirken auf ein gemeinschaftliches Zählwerk, welches die Differenz ihrer Schwingungen zählt. So lange kein Strom durch die Spule fliesst, schwingen beide Pendel gleichmässig, und das Zählwerk bewegt sich nicht. Sobald jedoch der Strom eingeschaltet wird, werden die Schwingungen des magnetischen Pendels beschleunigt und zwar um so mehr, je stärker der Strom ist. Das Zählwerk gibt vermittelst einer eigentümlichen Schaltvorrichtung [1] die Voreilung dieses Pendels an. Multiplizirt man die abgelesene Zahl mit einem Faktor, der durch Eichung bestimmt werden muss, so erhält man die gelieferte Elektrizitätsmenge.

Der in Fig. 1 dargestellte Zähler kann auch für das sogen. Dreileitersystem verwendet werden [2], wenn man zwei Magnete mit zwei Rollen anbringt (Fig. 1). Dabei erhält man nur dann richtige Resultate, wenn die beiden über den Rollen schwingenden Pole entgegengesetzte Polarität besitzen. Dasselbe Prinzip findet auch Anwendung bei der Konstruktion von Wattzählern. In derselben Weise, wie man aus einem Strommesser ein Wattmeter erhält, wenn man den Magneten durch ein zweites Solenoid ersetzt, welches unter dem Einfluss der Betriebsspannung steht (s. Elektrische Messinstrumente), gelangt man auch zu einem Wattzähler, wenn das rechte Pendel statt des Magnetstabes mit einer Rolle aus feinem Draht versehen wird.

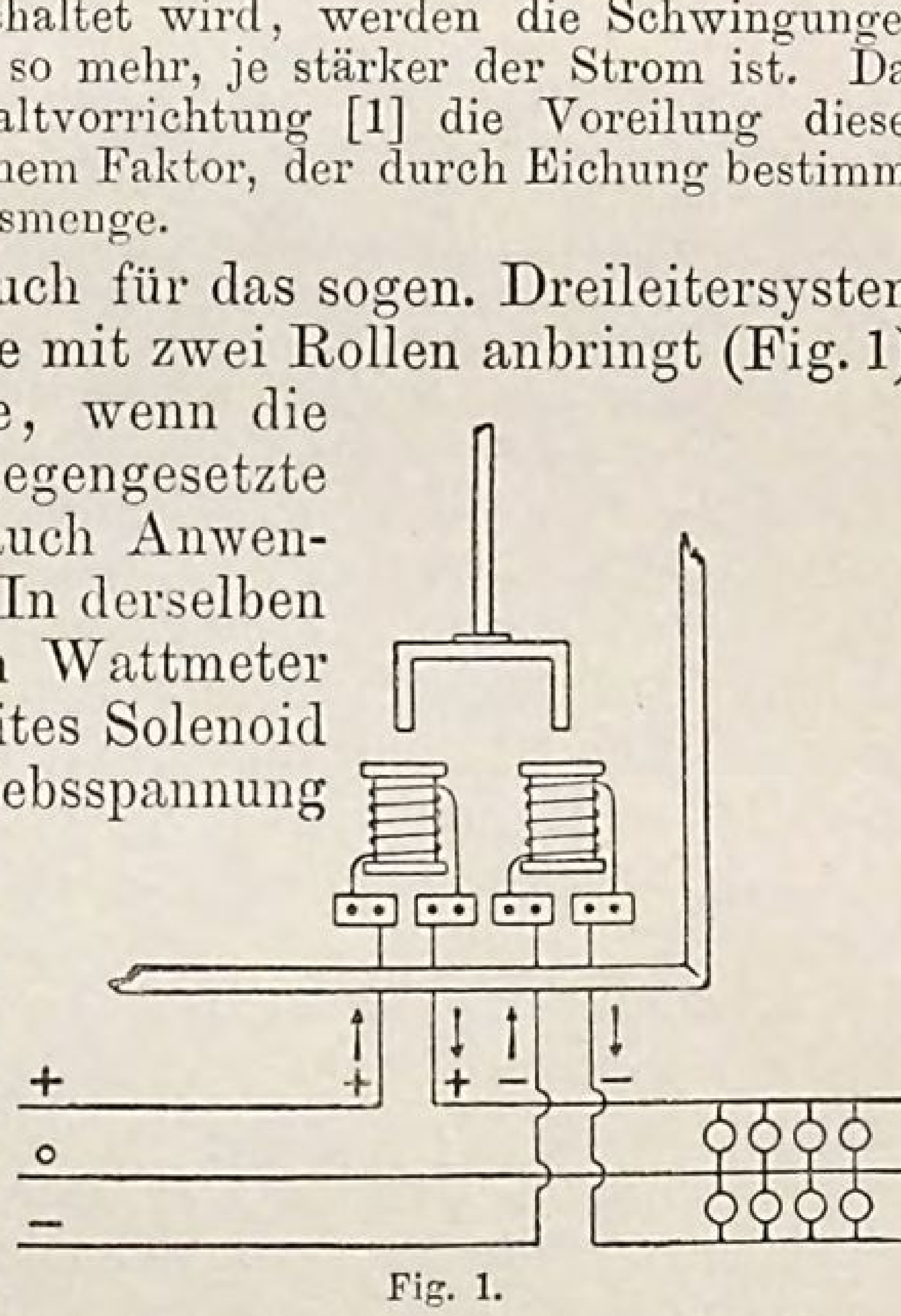


Fig. 1.

Dieselbe liegt im Nebenschluss zur Hauptleitung und schwingt nicht über, sondern innerhalb der Hauptstromspule. Ist der Strom ausgeschaltet, so schwingen beide Pendel wieder gleichmässig. Sobald jedoch der Strom fliesst, wirkt auf das rechte Pendel beschleunigend eine Kraft ein, welche sowohl dem Hauptstrom als auch dem Strom in der Nebenschlussspule und somit der Spannung proportional ist; die Kraft ist folglich auch dem Produkt aus Strom und Spannung, d. h. dem Effekt, proportional. Im übrigen entspricht die ganze Anordnung genau der des Coulombzählers.

Dieser Wattzähler ist gleichmässig für Gleichstrom wie für Wechselstrom brauchbar und unabhängig von der Anzahl der Stromwechsel, bleibt also in allen Fällen anwendbar. In neuerer Zeit hat Aron eine wesentliche Verbesserung des Apparates angegeben. Der neue Zähler geht nur, so lange er Strom empfängt, braucht nicht aufgezogen zu werden und wird durch äussere Ströme

resp. Magnete wenig beeinflusst [1]. Alle übrigen Konstruktionen von Zählern [3], deren Zahl eine ausserordentlich grosse ist, lassen sich in zwei Gruppen teilen, die man als Motorzähler und als Integralzähler bezeichnen kann. Bei den ersteren wird der zu messende Strom oder ein Teil desselben durch einen Elektromotor geschickt, der auf ein Zählwerk einwirkt und dessen Umdrehungsgeschwindigkeit von der Stromstärke abhängt. Die letzteren sind Strommesser, deren Angaben durch ein Uhrwerk in gleichen Zeitabschnitten registrirt und in einem Zählwerk addirt werden. Zu den Motorzählern gehört der Elektrizitätszähler von Elihu Thomson (Thomson-Houston Co., Fig. 2, [1], [2]).

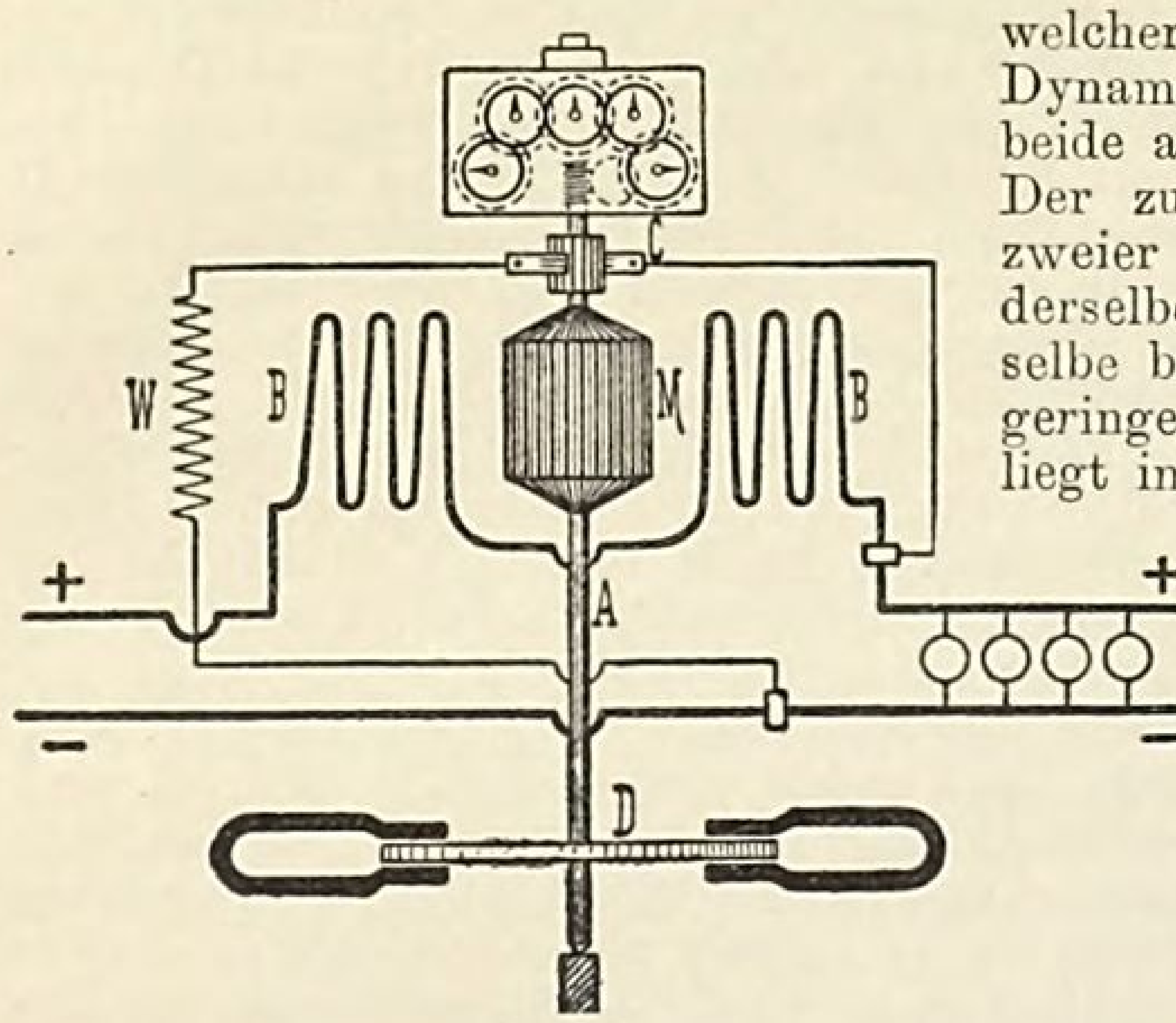


Fig. 2.

Derselbe besteht aus einem Elektromotor M, welcher eine gewisse Energiemenge liefert, und einer Dynamomaschine D, welche diese Energie verbraucht, beide auf ein und derselben vertikalen Welle A befestigt. Der zu messende Strom durchfliesst die Windungen zweier Spulen B B und in dem magnetischen Felde derselben bewegt sich der Anker des Motors M. Derselbe befindet sich mit einem hohen Widerstande W von geringer Selbstinduktion in Hintereinanderschaltung und liegt im Nebenschluss zur Hauptleitung. Er ist völlig frei von Eisen, der Kollektor und die Bürsten bestehen aus Silber. Der Anker setzt sich in Bewegung, sobald Strom verbraucht wird und die von ihm geleistete Arbeit ist proportional $E J v$, wo E die Spannung, v die Umdrehungsgeschwindigkeit des Motors und J die Stromstärke in den Magnetspulen bedeuten. Diese Arbeit wird nun von der auf derselben Welle sitzenden Dynamomaschine D verbraucht. Diese besteht aus einer horizontalen Kupferscheibe, welche zwischen kräftigen Magnetpolen rotirt. Dabei werden in der Scheibe Wirbelströme induzirt, welche der Bewegung entgegenwirken und welche dem Quadrat der Geschwindigkeit proportional sind. Ist das Gleichgewicht der Bewegung hergestellt, so ist $E J v = C v^2$ oder $E J = C v$, d. h. die zu messende Energie ist proportional der Geschwindigkeit; hierin ist C ein konstanter Zahlenfaktor. Die gemeinsame Welle trägt oben eine Schraube ohne Ende, welche ein Zählwerk in Bewegung setzt. Die Angabe des Zählwerkes, mit einer Konstanten multiplizirt, gibt die gelieferte elektrische Energie. Ein Uebelstand aller Motorzähler ist der, dass die Reibung in erheblichem Masse zur Geltung kommt. Um den Einfluss derselben zu verringern, ist der Thomsonzähler so konstruirt, dass die Tourenzahl auch bei den grössten Typen und bei stärkster Beanspruchung nicht über 60 in der Minute steigt. Dieser Zähler ist in gleicher Weise für Gleichstrom wie für Wechselstrom verwendbar. Die Stärke der permanenten Magnete nimmt mit der Zeit ab, besonders bei der Verwendung des Zählers zum Messen von Gleichstrom. Es muss daher die Eichung von Zeit zu Zeit wiederholt werden.

Auf demselben Prinzip beruhte der schon 1887 von W. von Siemens konstruirte Zähler für Gleichstrom. Das magnetische Feld wurde jedoch durch einen permanenten Magneten erzeugt, der gleichzeitig auch die Wirbelströme in einer rotirenden Kupferscheibe hervorrief. Eine Aenderung des Magneten blieb hier in ziemlich weiten Grenzen ohne Einfluss, da dadurch der die Energie erzeugende Motor und die, die Energie verbrauchende Dynamomaschine in gleichem Masse beeinflusst wurden. — Auch von der Firma Schuckert in Nürnberg wurde ein ähnlicher Zähler gebaut; jedoch wird die bremsende Wirkung auf die rotirende Kupferscheibe von einem Elektromagneten hervorgebracht, der durch denselben Strom erregt wird, welcher auch durch die Wickelung des Ankers fliesst. Der jetzt von der Firma Schuckert zur Ausführung gebrachte Zähler (System Hummel) stimmt im Prinzip und Aufbau mit dem vorher beschriebenen Apparate von Thomson überein [1]. — Die Zähler der zweiten Gruppe, die man als Integralzähler bezeichnen kann, bestehen aus einem Strommesser (Ampèremeter), dessen verschiedene Zeigerstellungen zum Registriren der Elektrizitätsmenge benützt werden. Dies ist in sehr mannigfacher Weise ausgeführt worden und kann z. B. dadurch geschehen, dass man durch ein Uhrwerk periodisch den Zeiger auf Null zurückführt oder einen Hebel von Zeit zu Zeit gegen den Zeiger führt. Die hierbei ausgeführte Drehung des Zeigers oder des Hebels wird jedesmal auf ein Zählwerk übertragen. Dabei ist für eine richtige Messung Bedingung, dass im ersten Falle die Skala vollkommen proportional, im letzteren Falle, dass der Hebel passend gekrümmt ist.

Diese letztere Anordnung findet Verwendung in den neuen Coulomb- und Wattzählern von Siemens & Halske [2], [4]. Als zuverlässigstes System für den Coulombzähler erwies sich das Prinzip von Deprez und d'Arsonval. Ein mit dem Zeiger fest verbundener weicher Eisenkern *e* (Fig. 3 und 4) von elliptischem Querschnitt wird von dem zu messenden Strome in den Windungen *a* umflossen. Die Windungen werden von aussen von einem Hufeisenmagnet *m* umfasst, welcher der durch den Strom hervorgebrachten Ablenkung entgegenwirkt und dem Kern zugleich eine feste Nulllage erteilt, wenn kein Strom durch die Windungen fliesst. Der Zeiger trägt an seinem oberen Ende als Gegengewicht einen Flügel *f* aus Aluminiumblech, der zugleich zur Dämpfung dient; das ganze drehbare System, der Flügel *f*, der Eisenkern *e* und der Zeiger *z*, ist genau im Schwerpunkt unterstützt. Fliesst nun ein Strom durch die Windungen, so nimmt der Eisenkern unter dem Einfluss des Stromes und des Magneten eine resultirende Stellung ein und der Zeiger gibt auf einer durch Eichung gefundenen Skala die augenblickliche Stromstärke an. Der Zähler hat vor anderen also den Vorteil, dass auch der Konsument den Energieverbrauch kontrolliren kann. Unterhalb des Zeigers befindet sich ein säbelförmig gekrümmter Hebel *S*, welchen ein Gewicht oder eine Spiralfeder beständig nach dem Zeiger hinzuziehen sucht; die innere Seite des Hebels ist fein gerippt, damit der Zeiger nicht abgleitet; der Zeiger selbst ist an seinem unteren Ende mit einer Schneide aus Phosphorbronze versehen. Der Hebel wird nun durch ein Uhrwerk von Zeit zu Zeit (z. B. jede Minute) mittelst einer exzentrischen Scheibe abwärts bewegt und wieder zum Zeiger zurückgeführt. Diese Bewegung des Hebels, welche um so grösser ist, je weiter der Zeiger ausschlägt, je stärker also der Strom ist, wird nun auf das Zahnrad eines Zählwerkes übertragen und die innere Krümmung des Hebels ist so bemessen, dass der jedesmalige Drehungswinkel der Stromstärke proportional ist. Die gesamte Drehung dieses Zahnrades ist also der Summe der Produkte: Stromstärke mal Zeit proportional und wir erhalten die gelieferte Elektrizitätsmenge, wenn wir die Angabe des Zählwerkes mit einer Konstanten multipliziren. Bei dem Zähler für schwächere Ströme (bis $12\frac{1}{2}$ Ampère) besitzt das mit dem Hebel verbundene Zahnrad 1200 Zähne und es dreht sich bei jedem Ampère Strom um 8 Zähne, so dass sich selbst Ströme von $\frac{1}{8}$ Ampère noch messen lassen. Hierin liegt ein Vorzug dieses Zählers vor anderen, bei welchen die Reibung so gross ist, dass sie durch so schwache Ströme nicht überwunden wird. Bei Zählern für grössere Stromstärken ist die Empfindlichkeit freilich geringer. Fig. 3 zeigt einen Coulombzähler ohne Gehäuse. Die einzelnen Teile sind fest auf einer eisernen Platte montirt und zum Schutze gegen äussere magnetische Einflüsse vollständig von einem Gehäuse aus weichem Eisenblech umgeben, das nur die Skala und die Zifferblätter des Zählwerkes frei lässt. Das Uhrwerk hat einen 40tägigen Gang.

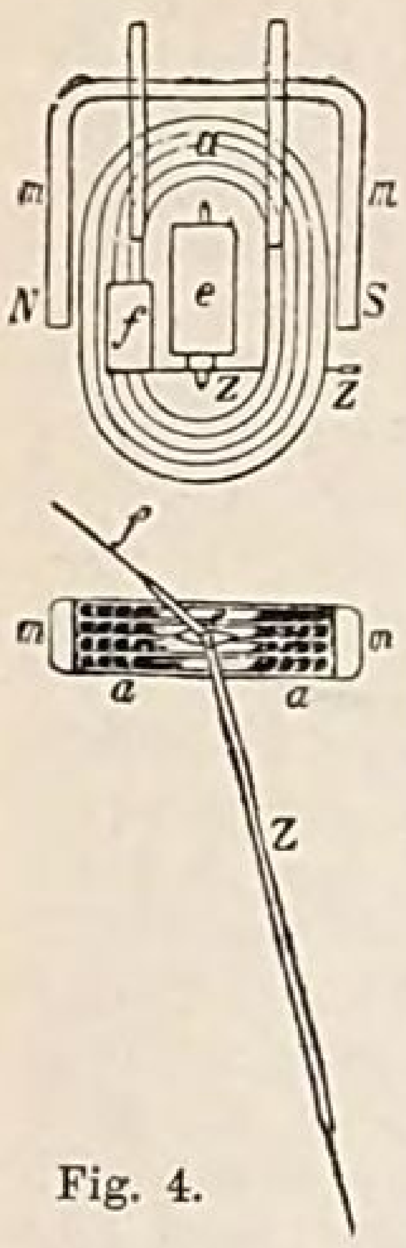


Fig. 4.

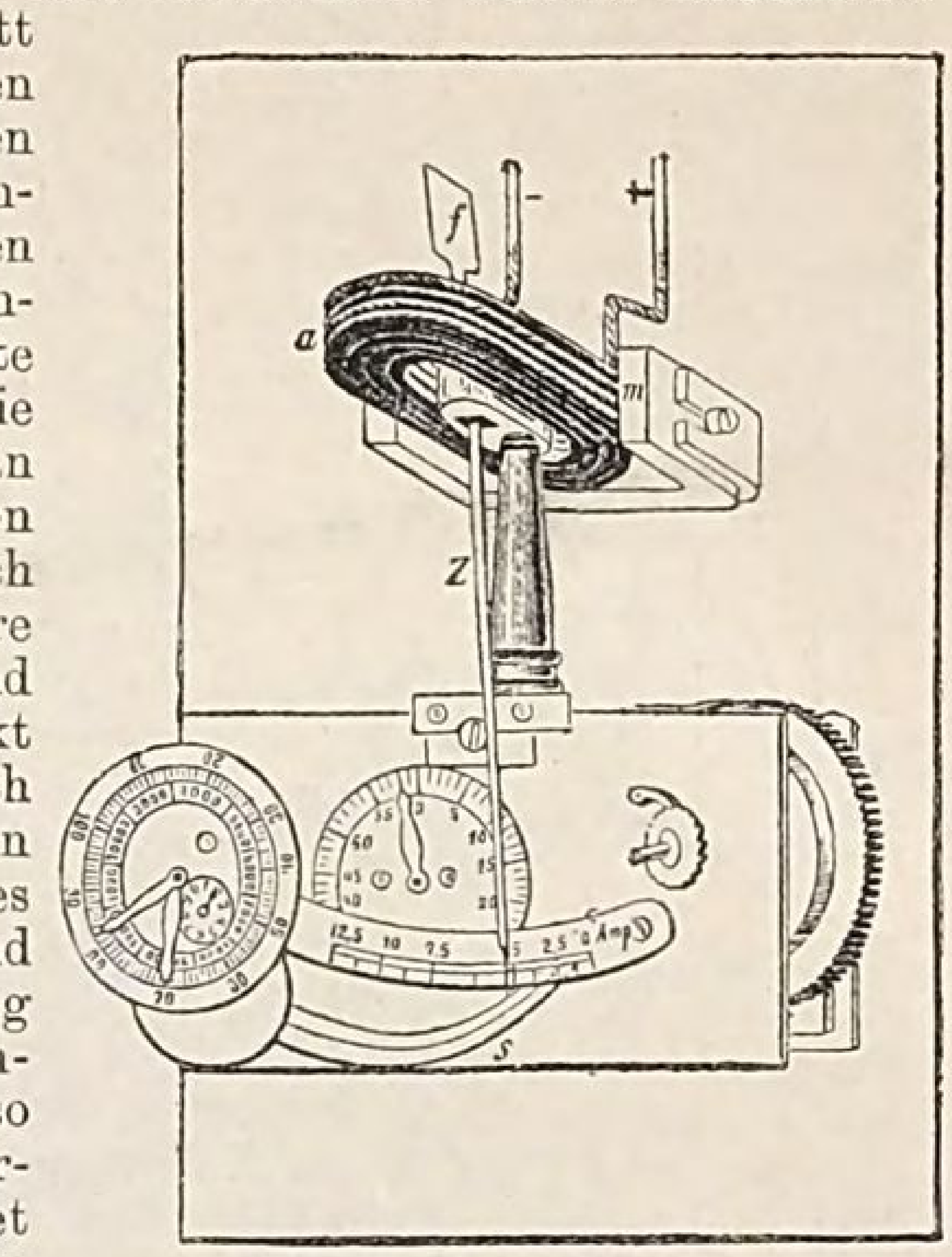


Fig. 3.

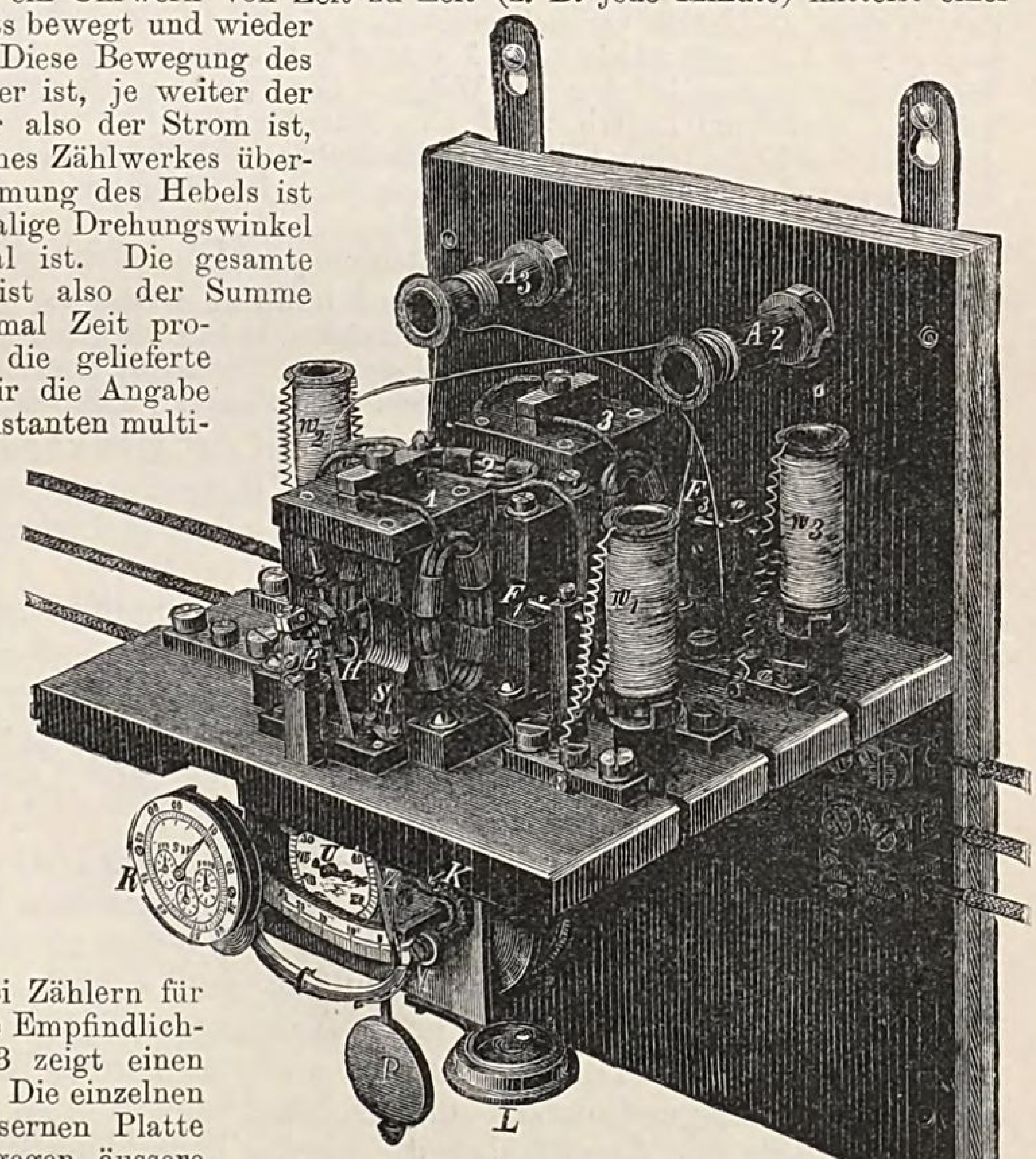


Fig. 5.

Bei dem Wattzähler von Siemens & Halske ist das Prinzip dasselbe, nur dass statt des Eisenkernes eine Nebenschlusswickelung angebracht ist; als Gegenkraft wirkt eine Torsionsfeder. Die Nebenschlussspule wird um so weiter herumgedreht, je grösser das Produkt der Stromstärken beider Spulen oder, bei konstantem Widerstande der Nebenschlussspule, das Produkt *eJ*

ist. Die Zeigerstellung gibt also den Effekt an und durch die periodischen Bewegungen des Hebels wird das Produkt: Effekt mal Zeit, d. h. die gelieferte elektrische Energie registrirt. Nach diesem Prinzip baut die Firma Siemens & Halske Wattstundenzähler mit einem Spulenpaar für einfachen Wechselstrom und Zweileiter-Gleichstrom, mit zwei Spulenpaaren für Dreileiter-Gleichstrom und mit drei Spulenpaaren für Drehstrom. Letzteren zeigt die Fig. 5. Er besteht aus drei Energiemessern 1, 2, 3 mit festen äusseren Starkstromspulen und innerhalb dieser auf einer gemeinsamen Axe beweglichen Schwachstromspulen. Jeder einzelne Energiemesser besteht wieder aus einer zweiteiligen Starkstrom- und einer zweiteiligen Schwachstromspule. Das mittlere System ist zur Vermeidung gegenseitiger Beeinflussung horizontal, die beiden äusseren vertikal angeordnet; im übrigen sind alle drei Systeme gleich [5]. Schematisch ist die Schaltung des ganzen Energiemesser in Fig. 6 angegeben. Die drei Starkstromspulen liegen in den drei Hauptleitungen des Drehstromsystems; die drei Schwachstromspulen bestehen aus je 2 · 600 Windungen umsponnenen Kupferdrahtes von 0,1 mm Durchmesser und sind mit je einem Ende an die Hauptleitung angelegt, in welcher die zu ihr gehörige Starkstromspule liegt und endigen, einschliesslich des vorgeschalteten hohen (induktionslosen) Bifilarwiderstandes in einem gemeinsamen Punkt. Der Widerstand aller drei Nebenschlusskreise von der Hauptleitung bis zum gemeinsamen Endpunkt ist gleich. (Er beträgt je nach der Spannung, für die der Zähler bestimmt ist, 3000—4000 Ohm.) Wird derselbe mit w bezeichnet und sind J_1, J_2, J_3 die Ströme in den drei Hauptleitungen, i_1, i_2, i_3 die Ströme in den drei Nebenschlusskreisen, so ist die von dem Drehstromsystem hinter dem Zähler abgegebene und von demselben direkt angezeigte Energie $K = w\,(J_1\,i_1 + J_2\,i_2 + J_3\,i_3)$. Entsprechend dieser Anordnung sind (Fig. 5) als Zuleitungen für die Schwachstromspulen drei aus feinstem Nickelindraht bestehende Spiralfederchen F_1, F_2, F_3 (F_2 liegt in der Figur auf der andern Seite) vorhanden. w_1, w_2, w_3 sind bifilare (induktionslose) Widerstände vor den Schwachstromspulen und so abgestimmt, dass die Gesamtwiderstände der drei Nebenschlüsse von der Hauptleitung bis zum gemeinsamen Endpunkte gleich sind; den letzteren bildet die Metallaxe des beweglichen Systems, an welche die drei Enden der Schwachstromspulen angelegt sind. A_2 und A_3 sind Hilfswiderstände, die zur Abgleichung der Wirkung der drei Systeme zu den Starkstromspulen der Systeme 2 und 3 parallel geschaltet sind. Die den Schwachstromspulen gemeinsame bewegliche Axe, mit welcher der Zeiger Z fest verbunden ist, liegt auf Schneiden, ähnlich der Wagebalkenlagerung bei feineren Wagen. Zur Dämpfung der Schwingungen des beweglichen Teils ist vorne am Lagerbock B eine Haardämpfung H angebracht, bestehend aus einem zwischen den Enden eines federnden Messingbügels eingespannten feinen Menschenhaar, welches leicht gegen ein auf der beweglichen Axe sitzendes Glasröhrchen anliegt. Diese Zähler werden bis zu 1000 Ampère Stromstärke gebaut.

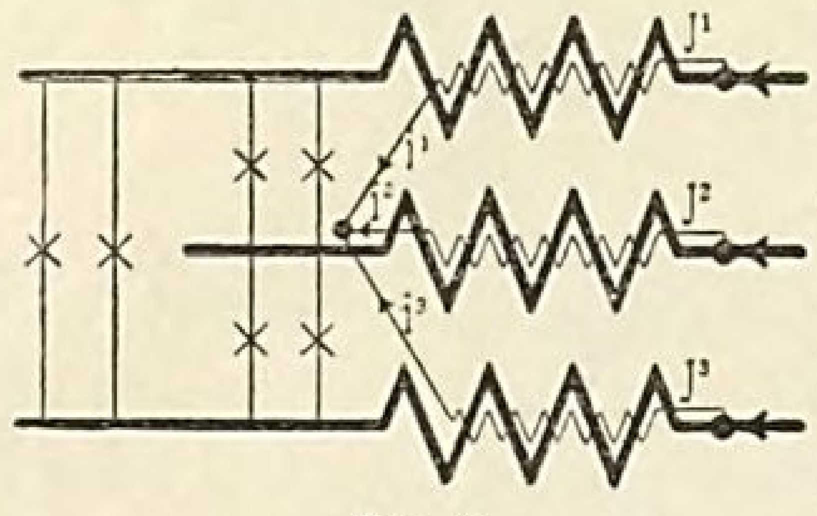


Fig. 6.

Betreffs anderer Konstruktionen, welche geringere Verbreitung gefunden haben oder vorwiegend im Ausland benützt werden, wird auf [3] verwiesen.

Litteratur: [1] Heim, Die Einricht. elektr. Beleuchtungsanlagen, Leipzig 1896. — [2] Holzt, Schule des Elektrotechnikers, Bd. 1, Leipzig 1896. — [3] Fodor, Die elektrischen Verbrauchsmesser, Leipzig 1891. — [4] Elektrotechnische Zeitschr. 1892, S. 289. — [5] Ibid. 1893, S. 574.

Holzt.

Elektrochemisches Aequivalent, s. Elektrolyse.

Elektrochemie, die Lehre von denjenigen chemischen Vorgängen, bei denen chemische Energie in elektrische oder elektrische Energie in chemische umgesetzt wird (s. Elektrolyse).

Elektrochemische Spannungsreihe nannte man eine Reihe von meist aus Metallen bestehenden Stoffen, welche man so geordnet hatte, dass bei der Verbindung von je zwei in dieser Reihe auf einander folgenden Stoffen durch einen Elektrolyten der erste positiv, der zweite und jeder folgende negativ elektrisch geladen wurde. Vergl. die neueren Anschauungen über elektrochemische Vorgänge unter Elektrolyse. *Borchers.*

Elektrochemische Zersetzung, s. Elektrolyse.

Elektrochemitypie, ein verbessertes, von dem Ingenieur Josz erfundenes Zinkätzverfahren, welches die Uebertragung des zu ätzenden Originals auf die Zinkplatte in ganz feinen Linien zulässt und somit auch eine höchste Feinheit der Aetzung ermöglicht. Die erste Aetzung erfolgt in einem Kupfervitriolbade, nach welchem die Platte getrocknet und mit feinem Harzpulver überstreut wird. Dieses wird angeschmolzen und schützt die Linien aufs beste gegen Unterfressen durch die Aetzflüssigkeit, welche nach dem Vitriolbade in der gewöhnlichen, bei der Zinkographie gebräuchlichen Weise fortgesetzt wird. *Goebel.*

Elektrode, s. Elektrolyse.

Elektrodynamik. Mit diesem Namen bezeichnet man dasjenige Gebiet der Elektrizitätslehre, welches sich auf die Bewegungserscheinungen erstreckt, die durch gegenseitige Einwirkung galvanischer Ströme hervorgebracht werden.

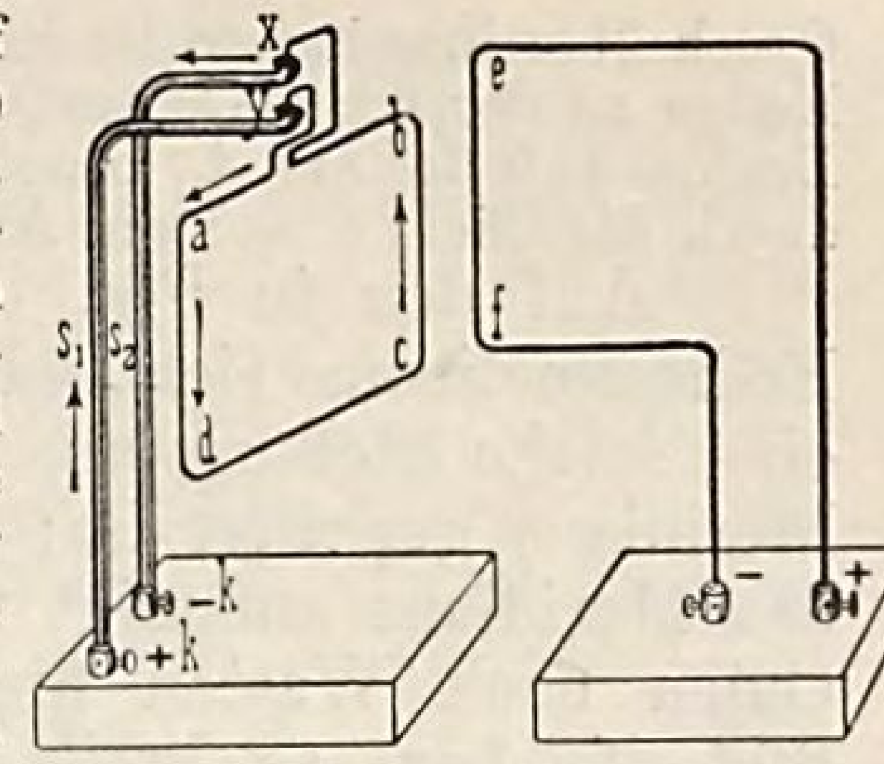


Fig. 1.

Um diese Wirkungen zweier elektrischer Ströme auf einander zu betrachten, bedient man sich des von Ampère (1820) angegebenen und nach ihm benannten Gestelles [3] (Fig. 1). *abcd* ist ein Rechteck aus Draht, dessen Enden in die Quecksilbernäpfe x und y tauchen, welche durch die metallischen Säulen s_1 und s_2 getragen werden. Verbindet man eine Stromquelle mit den beiden Klemmen k, und zwar den positiven Pol mit $+k$, so fliesst in dem Rechteck *abcd*, welches sich um die vertikale, durch *xy* gehende Axe drehen kann, ein Strom, welcher die in der Figur durch Pfeile angedeutete Richtung besitzt Stellt man nun parallel zu *cb* einen von einem andern Strom durchflossenen Draht *ef* auf, so wird der bewegliche Draht *cb* von dem Drahte *ef* entweder angezogen oder abgestossen, je nach der Richtung des in *ef* fliessenden Stromes. Besitzt nämlich der in *ef* fliessende Strom die gleiche Richtung wie der in *cb* fliessende, so wird *cb* angezogen, abgestossen hingegen, wenn der Strom in *ef* entgegengesetzt ist.

Man erhält demnach den Satz: Zwei parallele, gleich gerichtete Ströme ziehen einander an, zwei parallele, entgegengesetzt gerichtete Ströme stossen sich ab.

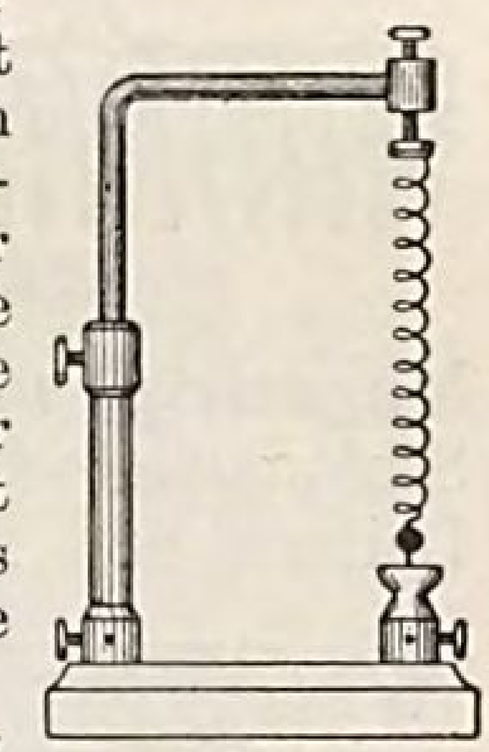


Fig. 2

Der in Fig. 2 dargestellte Apparat zeigt die Anziehung gleichgerichteter Ströme sehr deutlich. An einem Arm hängt eine Drahtspirale, welche mit ihrem unteren Ende in ein Gefäss mit Quecksilber eintaucht. Leitet man durch den Arm einen Strom in die Spirale, welcher durch das Quecksilbernäpfchen wieder austritt, so fliesst der Strom durch alle Windungen der Spirale in gleicher Richtung. Die einzelnen Windungen ziehen sich infolge dessen an, wodurch die Spirale etwas kürzer wird. Hierdurch wird das untere Ende derselben aus dem Quecksilber herausgezogen und infolge dessen der Strom unterbrochen. Nun dehnt sich die Spirale wieder aus, ihr Ende taucht wieder in das Quecksilber ein, und so fängt das Spiel von neuem an; es kommt also die vom Strome durchflossene Spirale in Schwingungen; sie schwingt auf- und abwärts.

Kreuzen sich die Ströme also, so kann man das Gesetz aufstellen: Zwei gekreuzte Ströme ziehen sich an, wenn in beiden der Strom nach der Kreuzungsstelle hin- oder in beiden von ihr fortfliesst. Sie stossen sich dagegen ab, wenn in dem einen Draht der Strom nach der Kreuzungsstelle hin-, in dem andern von derselben fortfliesst.

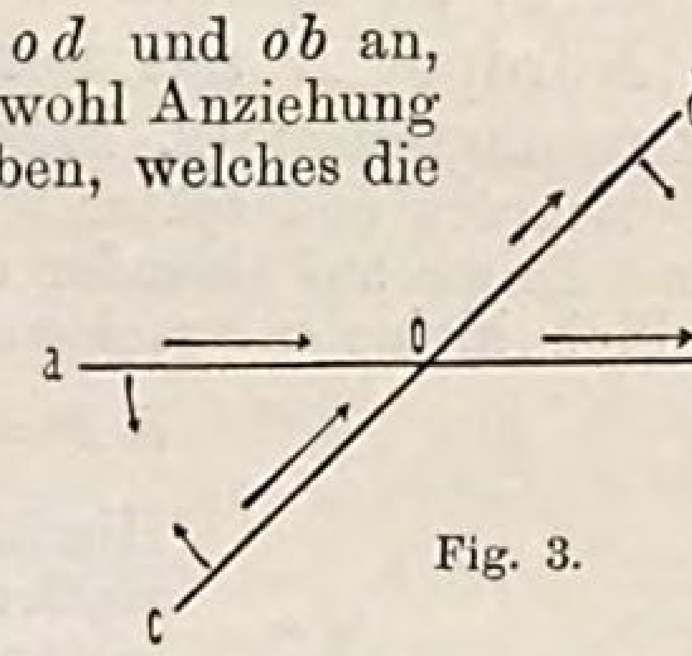


Fig. 3.

Bei den beiden Strömen in Fig. 3 ziehen sich *ao* und *co*, *od* und *ob* an, während sich die Stücke *ao* und *od*, *co* und *ob* abstossen. Da sowohl Anziehung als auch Abstossung ein Drehungsmoment im gleichen Sinne ausüben, welches die Ströme parallel und gleich zu richten sucht, so kann man das obige Gesetz auch folgendermassen ausdrücken: Gekreuzte Ströme suchen sich immer so zu stellen, dass sie parallel werden und der Strom in ihnen nach derselben Richtung fliesst.

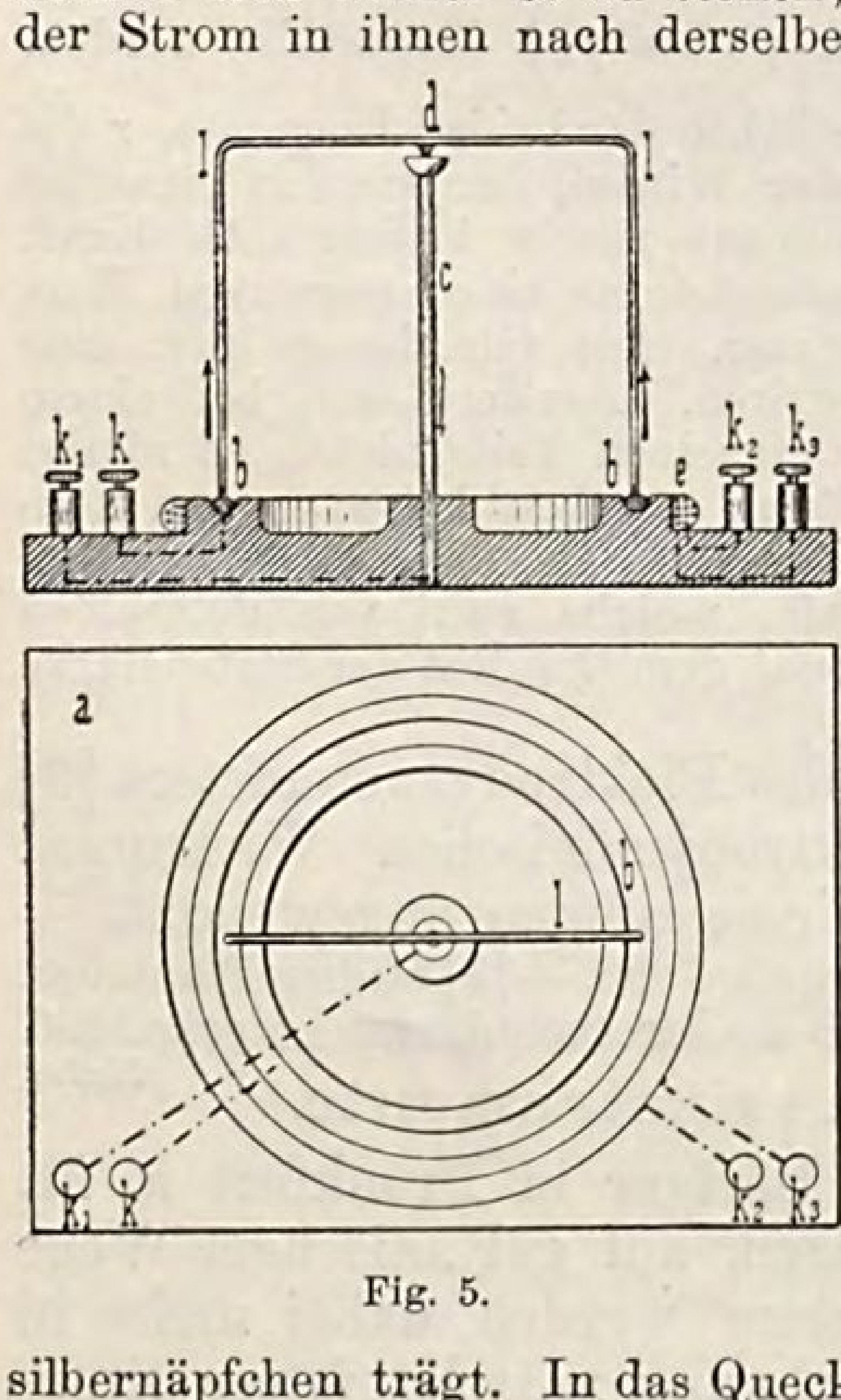


Fig. 5.

Die bisher genannten Gesetze bezeichnet man mit dem Namen: Ampère'sche Grundgesetze. Eine interessante Folgerung aus dem Gesetz der gekreuzten Ströme ist folgende· In Fig. 4 ist *ab* ein vom Strom durchflossener Draht, *cd* ist ein zweiter Draht, der ebenfalls von einem Strom durchflossen wird, und zwar möge in beiden der Strom in der Richtung der Pfeile fliessen; dann ziehen sich *ob* und *dc* an, während sich *ao* und *dc* abstossen. Kann sich daher *dc* parallel zu sich selbst fortbewegen, so wird es dies in der Richtung von *ob* thun. Anstatt des langen geradlinigen Drahtes *aob* kann man auch einen kreisförmigen Draht nehmen; dann muss sich der Draht *cd*, wenn er passend befestigt ist, im Kreise herumdrehen und zwar in der Richtung des Stromes *ab*, wenn der Strom in ihm von d nach c fliesst, dagegen entgegengesetzt der Richtung des Stromes *ab*, wenn der Strom von c nach d fliesst. Ein solcher Rotationsapparat ist in Fig. 5 gezeichnet. Auf einem Fussbrette a ist eine kreisförmige Quecksilberrinne b vorhanden. In der Axe derselben ist die leitende Säule c aufgestellt, welche oben ein Quecksilbernäpfchen trägt. In das Quecksilber taucht die Spitze d, welche den rechteckig gebogenen Leiter l trägt, dessen Enden in das Quecksilber der Rinne tauchen. Die beiden Drähte l entsprechen dem Drahtstück *cd* in Fig. 4. Das Quecksilber der Rinne ist durch einen Draht mit der Klemmschraube k, die Säule c mit der Klemmschraube k_1 verbunden. Um die

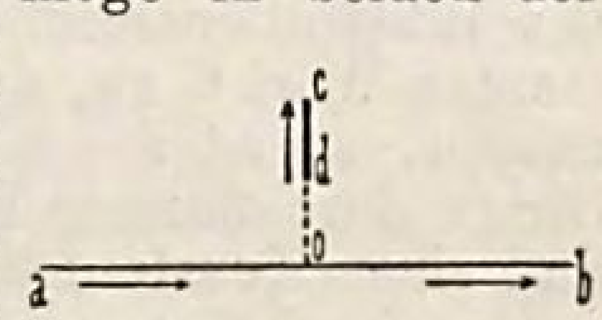


Fig. 4.

Quecksilberrinne herum ist in vielen Windungen ein übersponnener Kupferdraht *e* gelegt, dessen Enden zu den Klemmschrauben k_2 und k_3 führen. Der übersponnene Kupferdraht entpricht dem Drahte *aob* der Fig. 4. Leitet man nun einen Strom durch den Kupferdraht und einen zweiten durch die Säule *c* und die Arme *l*, so fangen dieselben an zu rotiren.

Auf den in Fig. 1 angegebenen drehbaren Leiter *abcd* wirkt auch der Erdmagnetismus richtend ein, und der Leiter nimmt unter dem Einflusse desselben eine solche Stellung an, dass seine Ebene senkrecht zur Ebene des magnetischen Meridians gerichtet ist; der Strom verläuft dann so, dass er an der Westseite des Meridians aufsteigt und in dem horizontalen, unteren Teile des Leiters von Osten nach Westen fliesst. Betrachtet man den Stromleiter *abcd* von der Südseite her, so kreist der Strom in der Richtung des Uhrzeigers [1], [2]. Diese Einstellung einer Stromebene ist noch deutlicher zu beobachten, wenn man statt des bisherigen aus nur einer Windung bestehenden Leiters ein sogen. Solenoid (Fig. 6) verwendet, welches aus mehreren schraubenförmig angeordneten Drahtwindungen besteht. Das stromdurchflossene Solenoid stellt sich dann ebenfalls so ein, dass seine Axe in den magnetischen Meridian zu liegen kommt, und entspricht in seinem Verhalten vollkommen einer Deklinationsnadel. Es besitzt an einem Ende einen Nord-, am andern einen Südpol und wird angezogen resp. abgestossen, sobald man ihm einen Magnetstab nähert. Ebenso verhalten sich zwei Solenoide zu einander wie zwei Stabmagnete [1]. Diese Uebereinstimmung zwischen solchen stromdurchflossenen Leitern und Magneten veranlasste Ampère, den Magnetismus (s. d.) aus den elektrodynamischen Wirkungen eines Systems von Strömen zu erklären, welche die einzelnen Eisen- resp. Stahlmoleküle umfliessen und die er als Molekularströme bezeichnete. Nach dieser Theorie versteht man unter einem Magneten einen Stab, welcher von einer Anzahl paralleler und gleich gerichteter Molekularströme umflossen ist (Fig. 7). Blickt man hierbei auf den Südpol *S*, so fliessen die Ströme in der Richtung des Uhrzeigers, während sie, vom Nordpol *N* aus betrachtet, entgegengesetzt verlaufen, genau wie bei einem Elektromagneten (s. Elektromagnetismus).

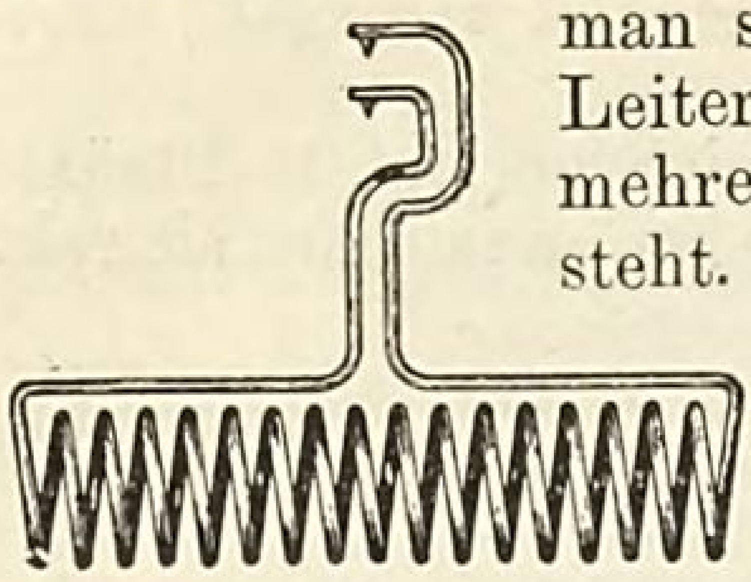


Fig. 6.

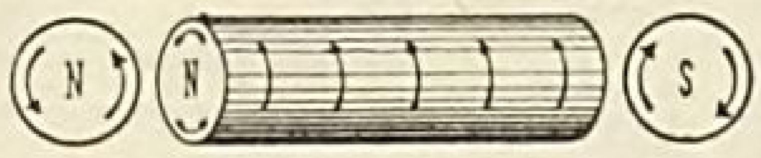


Fig. 7.

Ampère und später Weber [1] haben die Gesetze, nach welchen zwei vom Strom durchflossene Leiter auf einander einwirken, bestimmt, und es kann hiernach die Kraft, welche zwei unendlich kleine Stromelemente ds und ds_1 auf einander ausüben, durch folgende Gleichung

$$d\,P = -\frac{i.i_1\,ds.ds_1}{r^2}\left(\cos\varepsilon - \frac{3}{2}\cos\varphi\,.\cos\varphi_1\right)$$ dargestellt werden.

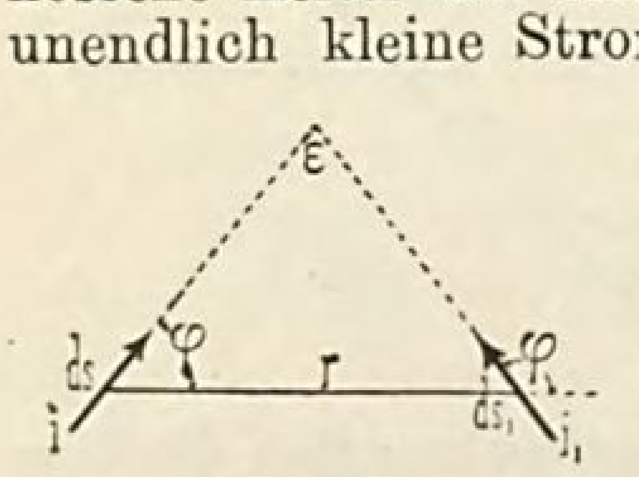


Fig. 8.

Hierin sind (Fig. 8) i und i_1 die Stromstärken der beiden Elemente, r die Entfernung derselben von einander, ε der Winkel, den sie mit einander bilden, $\varphi\ \varphi$ die Winkel, die jedes Element mit r bildet. Die Kraft dP fällt in die Richtung von r und bedeutet für einen negativen Wert Anziehung, für einen positiven Abstossung. Die Gleichung lässt sich nur in wenigen, einfachen Fällen integriren. Aendert sich bei einem vom Strome durchflossenen System die gegenseitige Lage der einzelnen Teile nicht, so nimmt das Integrationsresultat, welches die vorher angegebenen Grössen ergeben haben, einen konstanten Wert C an, und es ist $P = C.i.i_1$. Werden beide Leiter von demselben Strome durchflossen, so ist $i = i_1$ und $P = C.i^2$, d. h. die ablenkende Kraft, welche zwei von demselben Strom durchflossene Leiter auf einander ausüben, ist proportional dem Quadrat der Stromstärke und einer Konstanten C.

Auf dieser Beziehung beruht die Konstruktion des Elektrodynamometers [3] (s. Elektrische Messinstrumente); die elektrodynamischen Wirkungen werden fast nur bei elektrischen Strom- und Energiemessungen angewendet.

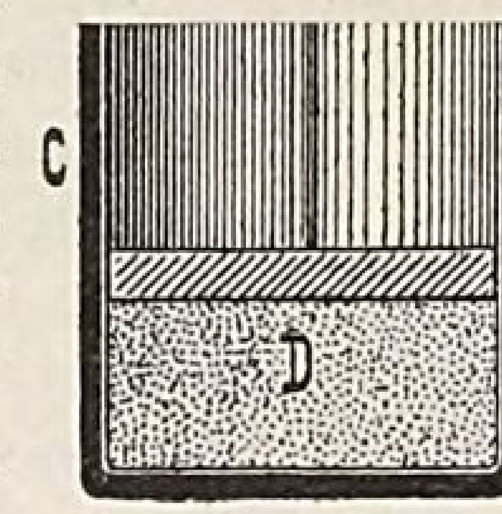
Litteratur: [1] Wüllner, Lehrb. d. Experimentalphysik, Leipzig 1886. — [2] Müller-Pfaundler, Lehrb. d. Physik, Braunschweig 1890. — [3] Holzt, Schule des Elektrotechnikers, Leipzig 1896.
Holzt.

Elektrodynamometer, s. Elektrische Messinstrumente.

Elektrographie, ein von dem Physiker R. Böttger in Frankfurt a. M. zuerst geübtes, von Devincenzi vereinfachtes Verfahren, auf galvanischem Wege Zinkplatten für den Buchdruck hochzuätzen. Letztere werden dabei meist in gekörntem Zustande verwendet; man trägt die Zeichnung mittelst fetter lithographischer Kreide als Tusche auf, kann sie indes auch durch Umdruck übertragen und behandelt die Platte dann ganz wie den lithographischen Stein, indem

man sie mit Gummiwasser überstreicht, mit Terpentin auswäscht und mit einer fetten Farbe einwalzt. Erscheint die Zeichnung jetzt voll und klar, so wird zum Aetzen in einer Kupfervitriollösung geschritten, die in gewöhnlicher Weise durch Herausnehmen und Prüfen der Platte mit eventuell wiederholtem Einwalzen der Zeichnung und ihrer Verstärkung durch Anschmelzen von Asphaltpulver fortgesetzt und beendigt wird bis zur Erzielung der für den Druck auf der Buchdruckpresse erforderlichen Höhe der Linien der Zeichnung oder Schrift. *Goebel.*

Elektrolyse. Man war bisher gewohnt, unter dem Begriffe Elektrolyse nur die durch Zufuhr von äusseren Elektrizitätsquellen verursachten stofflichen Veränderungen zusammen zu fassen. Diese Anschauung hat sich geändert. Die neuere Elektrochemie, indem sie sich heute mit dem ganzen chemischen Lehrgebäude auf eine breitere, experimentell und mathematisch streng befestigte Grundlage stellt, hat den Begriff Elektrolyse ganz wesentlich erweitert. Hier kann natürlich eine Begründung der neueren elektrochemischen Theorien nicht Platz finden — die Werke von Ostwald [1], [2] und Nernst [3] dürften in dieser Beziehung wohl die weitestgehenden Wünsche befriedigen; — eine kurze Skizze der jetzt massgebenden von van't Hoff, Ostwald, Nernst und Arrhenius aufgestellten Grundsätze und Lehren mag genügen. — Betrachten wir zunächst einen teilweise mit gespanntem Dampfe gefüllten Cylinder *C* (s. Fig.). Der Dampfraum *D* werde durch einen beweglichen Kolben abgesperrt und oberhalb dieses Kolbens befinde sich ein dampfleerer Raum. Es ist dann klar, dass der Kolben so weit in die Höhe geschoben werden wird, bis die durch Auseinanderrücken der Dampfmoleküle geringer werdende Spannung gleich ist dem Gewichte des Kolbens plus einem auf den Kolben ausgeübten Drucke. Man denke sich nun den Kolben in seine Anfangsstellung zurückversetzt, den unteren Raum des Cylinders aber statt mit Dampf mit einer Zuckerlösung gefüllt, den oberen Teil dagegen mit Wasser, während schliesslich der Kolben aus einer für Wasser durchlässigen, für Zucker aber undurchlässigen Substanz bestehen mag. Wenn es nun richtig ist, dass die in einer Flüssigkeit gelösten Atome oder Moleküle sich in einem mit der Dampfspannung vergleichbaren Zustande innerhalb ihres Lösungsmittels befinden, so werden sie versuchen, sich in der Gesamtwassermenge, für welche ja der Kolben kein Hindernis ist, so lange auszudehnen, bis eine gleichmässige Lösung entstanden ist. Es wird also das zuckerleere Wasser, wie scheinbar beim ersten Beispiele der dampfleere Raum, durch den Kolben hindurch in den unteren Raum übertreten. Das ist aber nur möglich, wenn der Kolben mit einem dem Ausdehnungsbestreben der Zuckerteile entsprechenden Drucke gehoben wird, was auch thatsächlich eintritt. Dieser Druck ist nun auf den verschiedensten Wegen gemessen worden. Wie der Dampfdruck, so lässt auch er sich in Bewegung umsetzen und zu einer messbaren Arbeitsleistung verwenden. Man bezeichnet ihn als den osmotischen Druck (s. Osmose). Bringen wir nun einen festen Körper mit einem Lösungsmittel in Berührung, so werden auch von diesem Moleküle mit einer gewissen Kraft, der sogen. Lösungstension oder dem Lösungsdrucke, in das Lösungsmittel übertreten und zwar so lange, bis der osmotische Gegendruck der in Lösung gegangenen Moleküle ein Eindringen weiterer Moleküle unmöglich macht, die Lösung ist dann gesättigt. — Nicht bei allen festen Körpern ist der Lösungsvorgang so einfacher Art. — Bei der Messung des osmotischen Druckes der verschiedenen Stoffe stellte sich die eigentümliche Thatsache heraus, dass gerade die seit mehr als einem halben Jahrhundert als Leiter zweiter Klasse oder Elektrolyte bekannten Substanzen einen Druck zeigten, der mit dem aus ihrem Molekulargewichte im Gaszustande und ihrer Konzentration berechneten durchaus keine Uebereinstimmung aufwies. Diese Unregelmässigkeit war anfangs mit der van't Hoff'schen Theorie nicht in Einklang zu bringen, bis Arrhenius dieselbe dadurch erklärte, dass er den Nachweis der Dissociation der Moleküle solcher Stoffe bei ihrer Lösung in freie, aber entgegengesetzt elektrische Ionen erbrachte, und zwar sind Wasserstoff und die Metalle als Träger positiver



Ladungen, als Kationen, die Säureradikale dagegen als Träger negativer Elektrizität als Anionen zu betrachten (s. Dissociation). Nach dieser experimentell bewiesenen Anschauung enthielte also eine wässerige Lösung von Kochsalz freie Natrium- und freie Chlorionen, Natronlauge freie Natrium- und freie Hydroxylionen, Schwefelsäure freie Wasserstoff- und Schwefeltetroxydionen u. s. w. — In einem ruhenden Elektrolyten ist die Summe aller positiven und negativen Ladungen der verschiedenen Ionen gleich Null. Denkt man sich nun die Anionen und die Kationen gleichmässig in der Lösung verteilt und sämtliche Ionen mit bestimmten Elektrizitätsmengen beladen, welch letztere an den Ionen mit einer gewissen Kraft, der Haftintensität, haften, so ist es klar, dass ein Elektrizitätstransport, also ein elektrischer Strom, nur dann entstehen kann, wenn die Elektrizitätstransportwagen, die Ionen, in Bewegung geraten, um an bestimmten Stellen, den Elektroden, Ladungen abzugeben oder aufzunehmen. Elektrischer Strom in Leitern zweiter Klasse und Ionenbewegung sind also zwei ganz unzertrennliche Begriffe. Die Leitfähigkeit der Elektrolyte wird demnach bedingt durch den Grad der elektrolytischen Dissociation (Zahl der Ionen) und andererseits durch die Bewegungsgeschwindigkeit und Ladungskapazität (Valenz) der Ionen. — Zum Zwecke der Abnahme oder der Zufuhr elektrischer Ladungen pflegt man in die Ionenlösungen mindestens zwei Leiter erster Klasse als Pole oder Elektroden einzuführen, welche innerhalb der Flüssigkeit an keinem Punkte mit einander in Berührung sein dürfen. Nun ist aber die Existenz eines Stoffes im Ionenzustande an die Bedingung geknüpft, dass seine Ionen eine ganz bestimmte Elektrizitätsladung halten. Sobald dieselben zur Aufgabe ihrer Ladung gezwungen werden, hören sie auf, Ionen zu sein, sie scheiden sich an der Entladestelle in neutralem oder Molekularzustande ab, wenn sie nicht Gelegenheit finden, hier an weiteren Umsetzungen, sogen. sekundären Prozessen, teilzunehmen. Die Entladeplätze für die Kationen sind die Kathoden, die Entladeplätze für die Anionen sind die Anoden. An ersteren muss also für Aufrechterhaltung negativer Ladung gesorgt werden, um dauernd die positiven Ladungen der Kationen zu vernichten, während man an letzteren positive Ladungen erzeugen muss, soll die Ionenbewegung, also der elektrische Strom aufrecht erhalten werden. Andererseits können dieselben Stoffe, welche wir als Bestandteile der Elektrolyte kennen gelernt haben, aus ihrem Molekularzustande nur dann in den Ionenzustand übergehen, wenn sie eine volle elektrische Ladung aufzunehmen Gelegenheit finden. Für die Lösung eines Metalles z. B. genügt es nicht, dass seine Lösungstension gross und der osmotische Druck der Ionen ein geringer ist. Metalle, einschliesslich Wasserstoff, gehen bei ihrer Lösung stets in den Ionenzustand über, sie müssen also in den Stand gesetzt werden, elektrische Ladungen und zwar als Kationen positive Ladungen aufzunehmen.

Unter Berücksichtigung der wichtigeren in der elektrochemischen Technik zur Ausführung gelangenden Prozesse, ist es klar, dass die Anode vorwiegend den Lösungs-, Chlorirungs-, bezw. Oxydationspol, die Kathode den Fällungs-, bezw. Reduktionspol bildet.

Den Druck, mit welchem, gleich anderen lösungsfähigen Stoffen, ein ionenbildungsfähiger Körper seine Ionen in eine Lösung hineinschickt, nennt man die elektrolytische Lösungstension oder den elektrolytischen Lösungsdruck. Ist dieser Druck hinreichend gross, so bedarf es unter Umständen keiner Zufuhr elektrischer Energie von aussen, um den betreffenden Stoff in Lösung zu bringen. Derselbe entzieht in Lösung befindlichen Ionen, z. B. Wasserstoff oder Metallen, die für seine eigenen Ionen nötigen Ladungen. Wird aber einem Ion seine Ladung entzogen, so scheidet es sich als neutrale Substanz aus. Abgesehen von etwa möglichen sekundären Vorgängen beobachten wir also bei der Lösung von Metallen mit hohem elektrolytischem Lösungsdrucke Wasserstoffentwicklung oder Metallabscheidung. Den elektrolytischen Ueberdruck eines sich lösenden Stoffes über den osmotischen Gegendruck der in Lösung befindlichen Ionen können wir messen und verwerten. Er bildet in unseren galvanischen Elementen die Ionen bewegende, also stromerzeugende, elektromotorische Kraft. — In Elementen des Typus Daniell z. B. haben wir Zink als Anode, Kupfersulfat als Elektrolyten und Kupfer als Kathode. Die

für das Zink erforderliche positive Ladung wird den in Lösung befindlichen Kupferionen entzogen, d. h. die von den Kupferionen aufgegebene Ladung wird durch eine ausserhalb der Flüssigkeit hergestellte metallische Verbindung auf schnellstem, wenn auch nicht immer auf kürzestem Wege auf die Zinkanode übergeführt. Entsprechend dem Ueberschusse des elektrolytischen Zinklösungsdruckes über den osmotischen Kupferionendruck werden also die Kupferionen mit einer bestimmten Geschwindigkeit aus der Lösung verdrängt, ihre Ladungen also mit einem bestimmten Drucke in die Leitungen geschickt. Dieser Druck lässt sich durch Einbringen von Widerständen in die Leitung messen. — Das Messungsergebnis, also den Druckunterschied bezeichnet man als das Potential, die Stromspannung oder das Stromgefälle.

Wenn wir bei dem eben herangezogenen Beispiele eines Daniell-Elementes bleiben, so können wir uns den Fall denken, dass die metallische Leitung zwischen Anode und Kathode gelöst sei. Da sich nun in der Umgebung der Zinkanode bei einem richtig konstruirten Elemente keine Kupferionen befinden, so wird durch in Bildung begriffene Zinkionen, welche sich elektropositiv laden, die nächste Umgebung, also die Anode selbst, elektronegativ geladen werden, und damit ist eine weitere Zinkionenbildung ausgeschlossen. An der Kathode liegt der Fall umgekehrt. Die Kathionen werden durch Ansammlung elektropositiver Ladung an dieser Elektrode verhindert, weitere Ladungen abzugeben. Die Ionenbewegung kommt zu einem Stillstande. Diesen Zustand nennt man Polarisation. Hindernd auf die Ionenbewegung, also polarisirend, können ferner wirken: chemische Veränderungen von Elektroden- und Elektrolytsubstanz durch ausscheidende Ionen, Konzentrationsänderungen im Elektrolyten und elektrothermische Vorgänge an den Grenzflächen von Elektrode und Elektrolyt.

Auch ein Beispiel entgegengesetzter Art, bei welcher es sich im Sinne der früheren Anschauung um die elektrochemische Zersetzung eines Elektrolyten handelt, mag hier Platz finden. Bei der Kupferaffination z. B. löst man an der Anode das im Rohkupfer enthaltene Kupfer, um es an der Kathode niederzuschlagen; als Elektrolyt dient Kupfersulfat. Zu dem Zwecke verbindet man nun beide Pole durch eine Leitung, in welche eine Dynamomaschine eingeschaltet ist. Erzeugt man durch letztere an der Anode positive Ladungen von nur schwachem Potential, so werden die in Lösung schiessenden Kupferionen sofort eine Kupferabscheidung an der Kathode veranlassen, da durch erstere der osmotische Druck der Lösung zu gross wird. Die elektropositiven Ladungen der hier ausscheidenden Kupferionen werden durch dieselbe Leitung der Anode wieder zugeführt. Es bedarf also, wie auch die Praxis bestätigt, nur einer geringen elektromotorischen Kraft, um in diesem Falle grosse Kupfermengen in Bewegung zu versetzen.

Trotz des scheinbaren Gegensatzes zwischen dem anfangs betrachteten stromerzeugenden galvanischen Elemente und dieser stromverbrauchenden elektrochemischen Zersetzungszelle sind doch beide Apparate den inneren Vorgängen nach gleich, denn in beiden findet Elektrizitätstransport unter Vermittlung sich bewegender Ionen statt. Dieser Elektrizitätstransport, wie er unter Vermittlung sich bewegender Ionen, verbunden mit dem Uebergange neutraler Stoffe in Ionen, bezw. der Ionen in neutrale Stoffe oder verbunden mit der Veränderung der Ladungsfähigkeit oder der Valenz von Ionen vor sich geht, ist gerade das, was man mit dem Namen Elektrolyse bezeichnet. Es wurde bereits der Thatsache Erwähnung gethan, dass jedes Ion eine ganz bestimmte Elektrizitätsladung aufzunehmen und zu transportiren im stande sei. Die elektrische Energie ist also, wenn diese Annahme richtig, an eine ganz bestimmte Masse wägbarer Substanz geknüpft. Diese Annahme wurde schon vor etwa 60 Jahren durch Faraday bewiesen. Faradays altes Grundgesetz der Elektrolyse bedurfte in der That nur einer Uebersetzung in die Sprache der neueren Elektrochemie, um jetzt wie damals seine volle Giltigkeit zu beanspruchen. Ostwalds Uebersetzung jenes Gesetzes aber lautet: Alle Elektrizitätsbewegung erfolgt in Elektrolyten nur unter gleichzeitiger Bewegung der Ionen und zwar so, dass mit gleichen Elektrizitätsmengen sich chemisch äquivalente Mengen der verschiedenen Ionen bewegen. Also, wie Ostwald weiter folgert, haben äquivalente Mengen verschiedener Ionen gleichen Fassungsraum für elektrische Energie.

Diejenigen Gewichtsmengen der verschiedenen Stoffe, welche im Ionenzustande die Einheit der Strommenge, also ein Coulomb transportiren können, hat man die elektrochemischen Aequivalente genannt. Es sind das dieselben Gewichtsmengen, welche bei einer Stromstärke von 1 Ampère, also 1 Coulomb in 1 Sekunde, aus Elektrolyten zur Abscheidung gelangen, bezw. in den Ionenzustand übergehen. Nachstehende Tabelle enthält die elektrochemischen Aequivalente der häufiger in Frage kommenden Elemente nebst Angabe der Valenz, der Atomgewichte und der Elektrolyte, für welche sie Giltigkeit haben. Es wird auffallen, dass mehrere der aufgeführten Metalle zwei Aequivalentzahlen besitzen. Zum Transporte

Elemente	Elektrolyt	Atomgewicht 0=16	Valenz	Abscheidung pro Ampère u. Sekund. in mg.
Aluminium	Oxyd und Salze	27,8	*Al*, III	0,093541
Antimon	Sulfosalze	120,34	*Sb*, III	0,415361
Arsen	Arsenite	75,00	*As*, III	0,258975
Baryum	Haloidsalze	137,04	*Ba*, II	0,709798
Blei	Oxyd und Oxydsalze	206,911	*Pb*, II	1,071695
Brom	Bromide	79,9628	*Br*, I	0,828336
Calcium	Haloidsalze	40,00	*Ca*, II	0,207180
Chlor	Chloride	35,4529	*Cl*, I	0,367257
Chrom	Oxydulsalze	52,15	*Cr*, II	0,270105
—	Oxydsalze		-, III	0,180070
Eisen	Oxydulsalze	56,00	*Fe*, II	0,290052
—	Oxydsalze		-, III	0,193368
Fluor	Fluoride	18,99	*F*, I	0,196727
Gold	Haloidsalze	197,25	*Au*, III	0,681104
Jod	Jodide	126,864	*J*, I	1,314184
Kadmium	Salze	112,08	*Cd*, II	0,580518
Kalium	Haloidsalze	39,1361	*K*, I	0,405409
Kobalt	Oxydulsalze	59,55	*Co*, II	0,308479
Kupfer	Oxydulsalze	63,44	*Cu*, I	0,657175
—	Oxydsalze	—	-, II	0,328587
Lithium	Haloidsalze	7,030	*Li*, I	0,072823
Magnesium	Haloidsalze	24,376	*Mg*, II	0,126276
Mangan	Oxydulsalze	55,09	*Mn*, II	0,285338
Natrium	Haloidsalze	23,058	*Na*, I	0,238857
Nickel	Oxydulsalze	58,88	*Ni*, II	0,305009
Platin	Haloidsalze	194 83	*Pt*, IV	0,504560
Quecksilber	Oxydulsalze	200,4	*Hg*, I	2,075943
—	Oxydsalze	—	-, II	1,037972
Sauerstoff	Oxyde	16	*O*, II	0,082872
Schwefel	Sulfide	32,063	*S*, II	0,166070
Silber	Salze	107,938	*Ag*, I	1,118129
Strontium	Haloidsalze	87,52	*Sr*, II	0,453309
Wasserstoff	Wasser und Säuren	1,0032	*H*, I	0,010392
Wismuth	Oxydsalze	208,01	*Bi*, III	0,718258
Wolfram	Oxydverbindungen	184	*Wo*, III	0,635352
—	Wolframate	—	-, VI	0,317676
Zink	Salze	65,38	*Zn*, II	0,338635
Zinn	Oxydulsalze	118,10	*Sn*, II	0,635352
—	Oxydsalze od. Stannate	—	-, IV	0,317676

von 1 Coulomb sind z. B. einmal 0,657175, dann wieder nur 0,328587 mg Kupfer erforderlich, wenn wir im ersten Falle eine Cupro-, im zweiten Falle eine Cupriverbindung als Elektrolyten benützen; aus einer Cuproverbindung lassen sich also während der Elektrolyse bei einer Stromstärke von 1 Ampère 0,657175 mg Kupfer abscheiden, während eine Cupriverbindung als Elektrolyt bei der gleichen Stromstärke nur die Hälfte dieser Kupfermenge aufzugeben im Stande ist. Ein und derselbe Stoff besitzt also unter verschiedenen Umständen eine verschieden grosse Ladungskapazität oder Valenz. Da wir nun aber wissen, dass derartige Stoffe leicht aus einer Verbindungsform in die andere übergeführt werden können — wir können Oxydulsalze oxydiren und Oxydsalze reduziren, — so ist es klar, dass die Ladungskapazität der Ionen, also die Valenz, veränderlich sein muss.

Berechnung des Potentials. In der Technik genügen meist Annäherungswerte für die erforderliche oder zu erwartende elektromotorische Kraft eines elektrolytischen Vorganges. Man ermittelt solche wie folgt:

Ein Coulomb (Ampère) scheidet das 0,010359fache eines Milligramm-Aequivalentes oder das 0,000010359fache eines Gramm-Aequivalentes der verschiedenen Stoffe aus. Es haften also an einem Gramm-Aequivalente der verschiedenen Ionen 96537 Coulomb. Werden dieselben durch eine elektromotorische Kraft E (in Volt) in Bewegung gesetzt, so wird dadurch eine Arbeit von $96537 . E$ Joule verrichtet. Wenn nun die Arbeit von 1 Joule = 1 Voltcoulomb gleich derjenigen Kraft ist, welche einer Masse von 1 kg die Beschleunigung von 1 m in jeder Sekunde zu erteilen imstande ist, also gleich $\frac{1}{9,81} = 0,102$ mkg, so entspricht dieselbe einer Wärmemenge (Wärme-Aequivalent: 425 mkg = 1 Cal.) von 0,00024 Cal. = 0,24 (Gramm)cal. Die Zersetzungswärme W eines Gramm-Aequivalentes der verschiedenen Stoffe würde also einer Wärmemenge von $0,24 . 96537 . E$ entsprechen. Aus dieser Gleichung $W = 0,24 . 96537 . E$ ergibt sich $E = \frac{W}{0,24 . 96537} = \frac{W}{23169}$. Ist die übliche Bildungswärme einer Verbindung gegeben, so kann man auch diese für W einsetzen, muss dann aber den Bruch noch durch die Valenzzahl der darin vorhandenen Ionen dividiren, also $E = \frac{W}{n . 23169}$.

Die Stromdichte, das Verhältnis der Stromstärke zu der Polfläche, übt, wie schon Bunsen nachwies, einen nicht unwesentlichen Einfluss auf den Gang und die Ergebnisse der Elektrolyse aus. Ist an einer Polfläche zum Transporte der dort erzeugten Elektrizitätsmenge nicht die genügende Anzahl derjenigen Ionen vorhanden, welche in Bewegung versetzt werden sollen, so muss entweder Polarisation der Elektrode eintreten oder es werden andere Ionen

an der Elektrolyse teilnehmen. Stromdichte und Konzentration der Lösungen sind also bei der Elektrolyse sehr wichtige Faktoren.

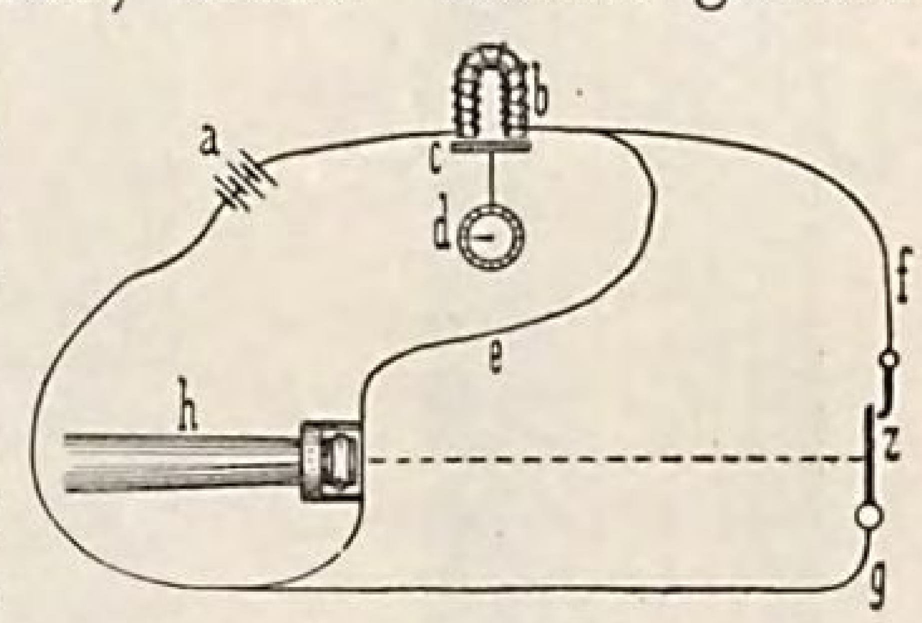
Die Geschichte der Entwicklung der wissenschaftlichen Elektrochemie findet sich in vorzüglicher Darstellung in [2].

Litteratur: [1] Ostwald, Lehrbuch der allgemeinen Chemie (sehr ausführlich), Leipzig 1893. — [2] Ostwald, Elektrochemie, ihre Geschichte und Lehre (sehr ausführlich), Leipzig 1895. — [3] Nernst, Theoretische Chemie (kurz), Stuttgart 1893. — [4] Wiedemann, Elektrizität, 4. Aufl., Braunschweig 1894 (besonders Bd. 2). — In neuerer Zeit ist auch eine grössere Anzahl ganz kurz gefasster Lehrbücher der Elektrochemie erschienen, z. B. von Jahn, Lüpke, Leblanc, Vogel u. a. Die Lehr- und Handbücher für technische Elektrochemie, Elektrometallurgie u. s. w. sind unter Elekrometallurgie und anderen chemisch-technischen Artikeln aufgeführt. *Borchers*

Elektromagnetische Aufbereitung, s. Magnetische Aufbereitung.

Elektromagnetische Kraftmaschinen, s. Magnetelektrische Maschinen.

Elektromagnetisches Chronoskop ist ein Apparat, welcher zum Messen sehr kleiner Zeitteile, z. B. Tausendstel einer Sekunde, dient. Solche genaue Messungen sind für manche physikalische u. dergl. Beobachtungen, z. B. zur Bestimmung der Geschossgeschwindigkeit, sehr wichtig und man benützte früher für diesen Zweck Uhrwerke, welche mit der Hand entsprechend ein- resp. ausgerückt wurden. Da diese Instrumente für grössere Geschwindigkeiten, die sich der direkten Beobachtung entziehen, nicht genügten, so konstruirte man automatisch wirkende Chronoskope, auf der elektromagnetischen Stromwirkung beruhend. Einen derartigen Apparat gab Wheatstone 1840 an [2], der dazu dienen sollte, die Zeit zu messen, welche Geschützkugeln zum Durchlaufen ihrer Bahn brauchen.



Sobald eine galvanische Batterie *a* (s. Fig.) ihren Strom in die Wickelung des Elektromagneten *b* sendet, wird der Anker *c* desselben angezogen und stellt die mit ihm in Verbindung stehende Uhr *d* ab. Beim Unterbrechen des Stromes fällt der Anker ab, löst das Uhrwerk aus und letzteres läuft nun so lange, bis der Strom wieder geschlossen wird. Zum Zweck der Unterbrechung ist der Leitungsdraht *c* vor der Geschützmündung vorbeigeführt, so dass er durch das austretende Geschoss zerrissen wird, worauf durch Abfallen des Ankers das Uhrwerk sofort in Thätigkeit kommt. Sobald dann das Geschoss das Ziel *z* trifft, schliesst es hier einen Kontakt und stellt dadurch die Verbindung der Leitungen *g* und *f* her; jetzt kann der Strom wieder den Elektromagneten umkreisen, der Anker wird angezogen und das Uhrwerk steht still, nachdem es die Zeit, welche das Geschoss zum Durchlaufen seiner Bahn brauchte, aufgezeichnet hat. Das Resultat wies jedoch stets Fehler auf, welche in dem Zeitverlust, der bei der Erregung des Elektromagneten auftrat, ferner in dem Beharrungsvermögen der Räder und des Zeigers und dergleichen mehr begründet waren. Diese Fehler hat Hipp in seinem auf demselben Prinzip beruhenden Apparate durch eine sinnreiche Konstruktion sehr beschränkt [4].

Einige Jahre später gab Pouillet eine Methode zur Messung kleiner Zeiträume an, welche auf der Erwägung beruhte, dass die Grösse des durch einen vorübergehenden Strom bewirkten Ausschlages einer Galvanometernadel ausser von der Stromstärke auch noch von der Zeit abhängig ist, während welcher der Strom auf die Nadel wirkte. Aus dem beobachteten Nadelausschlage kann man also die Zeitdauer, welche zwischen dem Schliessen und Oeffnen des Stromes verflossen ist, beurteilen, wenn das Verhältnis zwischen Zeit und Ausschlag bekannt ist. Dies Verhältnis bestimmte Pouillet auf empirischem Wege [1]. Mit dieser Methode würden sich noch Intervalle von 0,0001 Sekunde beobachten lassen. Doch gibt dieselbe nur die zwischen zwei Zeitpunkten verflossene Zeit an und registrirt nicht beliebig viele Zeitpunkte nach einander.

Letzteres erreichte Siemens im Jahre 1845 durch seinen Funkenchronographen, welcher gleichzeitig durch die rein elektrische Registrirung die oben erwähnten Fehler der mechanischen Registrirung ganz beseitigt und infolgedessen ebenso genaue Resultate gibt wie der Apparat von Pouillet. Bei dem Funkenchronographen wird durch ein Uhrwerk ein berusster Stahlcylinder in schnelle Rotation versetzt, während aus einer feststehenden Platinspitze Funken überschlagen und durch Wegbrennen des Russes auf der Scheibe scharf begrenzte glänzende Punkte hinterlassen. Die Entfernung dieser Punkte, sowie die Geschwindigkeit der Scheibe geben ein genaues Mass für die zwischen den einzelnen Funken verflossene Zeit. Genaue Beschreibung dieser Apparate und Anwendung derselben zur Bestimmung der Kugelgeschwindigkeit in und ausserhalb des Geschützrohres findet man in [5].

Bei einigen neueren Chronoskopen wird die Schwingung einer Stimmgabel von bekannter Schwingungszahl benützt, um die Zeitintervalle auf einem in schneller Rotation befindlichen berussten Cylinder, ähnlich wie bei dem Siemens'schen Apparat, aufzuzeichnen. Die Stimmgabel wird durch einen Elektromagneten in Schwingungen versetzt und die Zeitmarken ebenfalls durch elektromagnetische Einwirkungen eingetragen oder besser durch den Induktionsfunken, wie vorher, eingebrannt. Solche Apparate sind die Vibrationschronoskope von v. Babo und von v. Betz [3]. Vergl. auch d. Art. Ballistik, Bd. 1, S. 198.

Litteratur. [1] Müller-Pfaundler, Lehrbuch der Physik, Braunschweig 1890. — [2] Poggendorffs Annalen, Bd. 65. — [3] Ibid., Bd. 135. — [4] Ibid., Bd. 155. — [5] Elektrotechnische Zeitschrift 1880.

Holzt.

Elektromagnetisches Läutewerk. Diese Einrichtung wird im Eisenbahnwesen angewendet, um den Bahnwärtern die Abfahrt der Züge von den Stationen anzuzeigen, also die durchlaufenden Liniensignale zu übermitteln. Sie besteht im allgemeinen aus einem Glockenschlagwerk, dessen Hämmer von einem Uhrwerk mit Gewichtantrieb bewegt werden, sobald die Hemmung desselben ausgelöst wird, was auf elektromagnetischem Wege erfolgt. Bei jeder Auslösung gibt das Werk eine bestimmte Anzahl von Schlägen und hemmt sich alsdann selbstthätig, bis wieder eine neue Auslösung erfolgt.

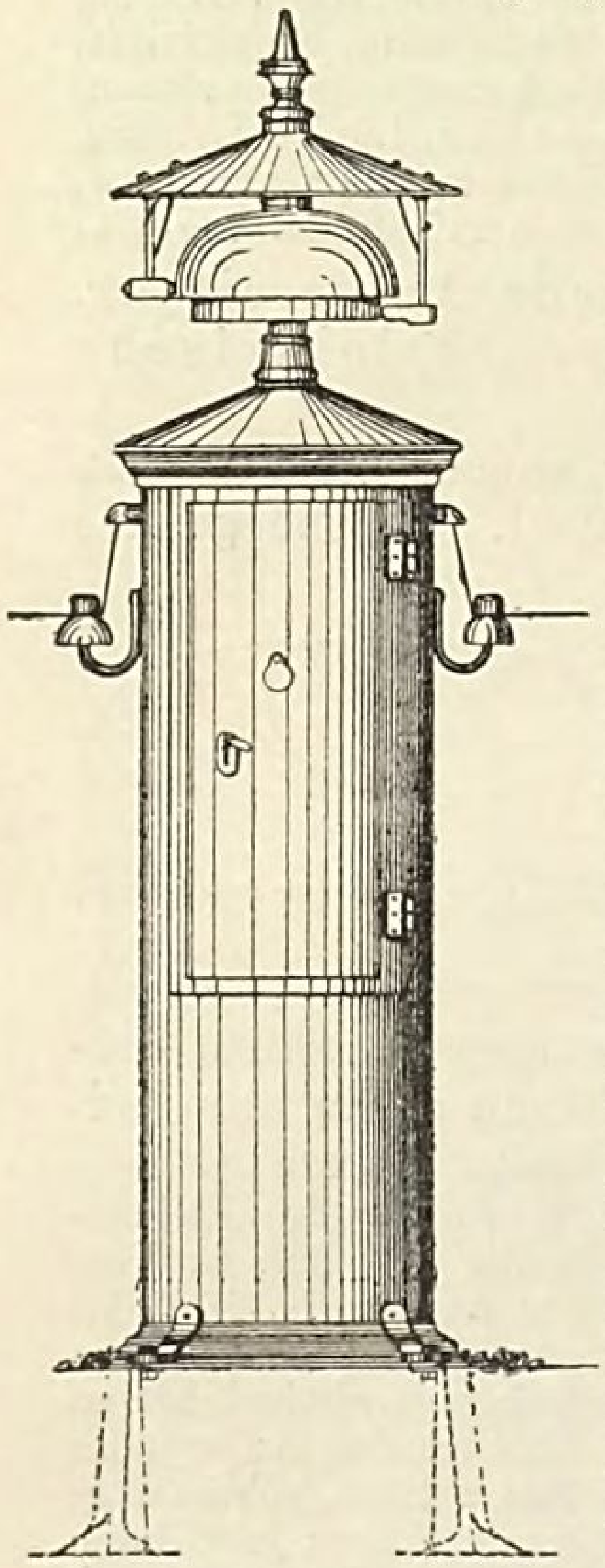


Fig. 1.

Als Beispiel für eine dieser im übrigen verschiedenartig ausgeführten Konstruktionen ist nachstehend das sogen. Universalläutewerk von Siemens & Halske beschrieben, von dem diese Firma bis zum 1. April 1892 bereits über 20000 Stück für die verschiedensten Bahnen Europas und teilweise auch fremder Erdteile geliefert hat. — Fig. 1 zeigt die äussere Ansicht eines solchen Läutewerks. Die ganze Einrichtung ist der einfacheren Aufstellung wegen in einem cylindrischen Gehäuse von Eisenblech untergebracht, auf dessen Dach sich die Glocken mit den Hämmern befinden. Die Werke werden aus unten näher angegebenen Gründen ein-, zwei- und dreiglockig ausgeführt. Fig. 1 stellt die zweiglockige Läutebude dar. Im Innern der Bude ist auf einem Aufsatzbrett das Universalläutewerk (Fig. 2) aufgestellt, dessen Einrichtung, wie der Name andeutet, mit unwesentlichen Abänderungen für alle drei Arten von Läutebuden dieselbe ist. — In Fig. 2 bedeutet a_1 die Axe der Trommel, welche mittelst Gewicht und Drahtschnur angetrieben wird. Sie überträgt ihre Drehung mittelst des Rades Z und eines Triebes auf die Zwischenaxe a_2 und von dieser mittelst einer weiteren Räderübersetzung auf die Axe a_3 des die Bewegung regulirenden Windfanges. Im Ruhezustande wird der Hemmungshebel H durch die Klinke k, welche von dem Anker des Elektromagneten E ausgelöst werden kann, in der gezeichneten Stellung gehalten, und die Welle w desselben hemmt die Bewegung, da der auf der Zwischenwelle a_2 sitzende Winkelhebel W sich mit dem einen Arm gegen w legt. Bei der Auslösung der Klinke k durch den Elektromagneten dreht sich der Hebel H unter der Wirkung seines Gegengewichtes G so weit, dass die halb durchgefeilte Welle w den Winkelhebel W frei lässt, worauf das Werk in Gang kommt. Die auf der Stirnseite des Rades Z sitzenden Rollen r setzen hierbei die kurzen Arme zweier Winkelhebel V und V_1 in Bewegung, von deren längeren Armen Drahtzüge zu den Glockenhämmern geführt sind. — Die Hemmung des Werkes erfolgt in verschiedener Weise, je nachdem bei jeder Auslösung nur ein Schlag oder eine Anzahl — Gruppe — von Schlägen

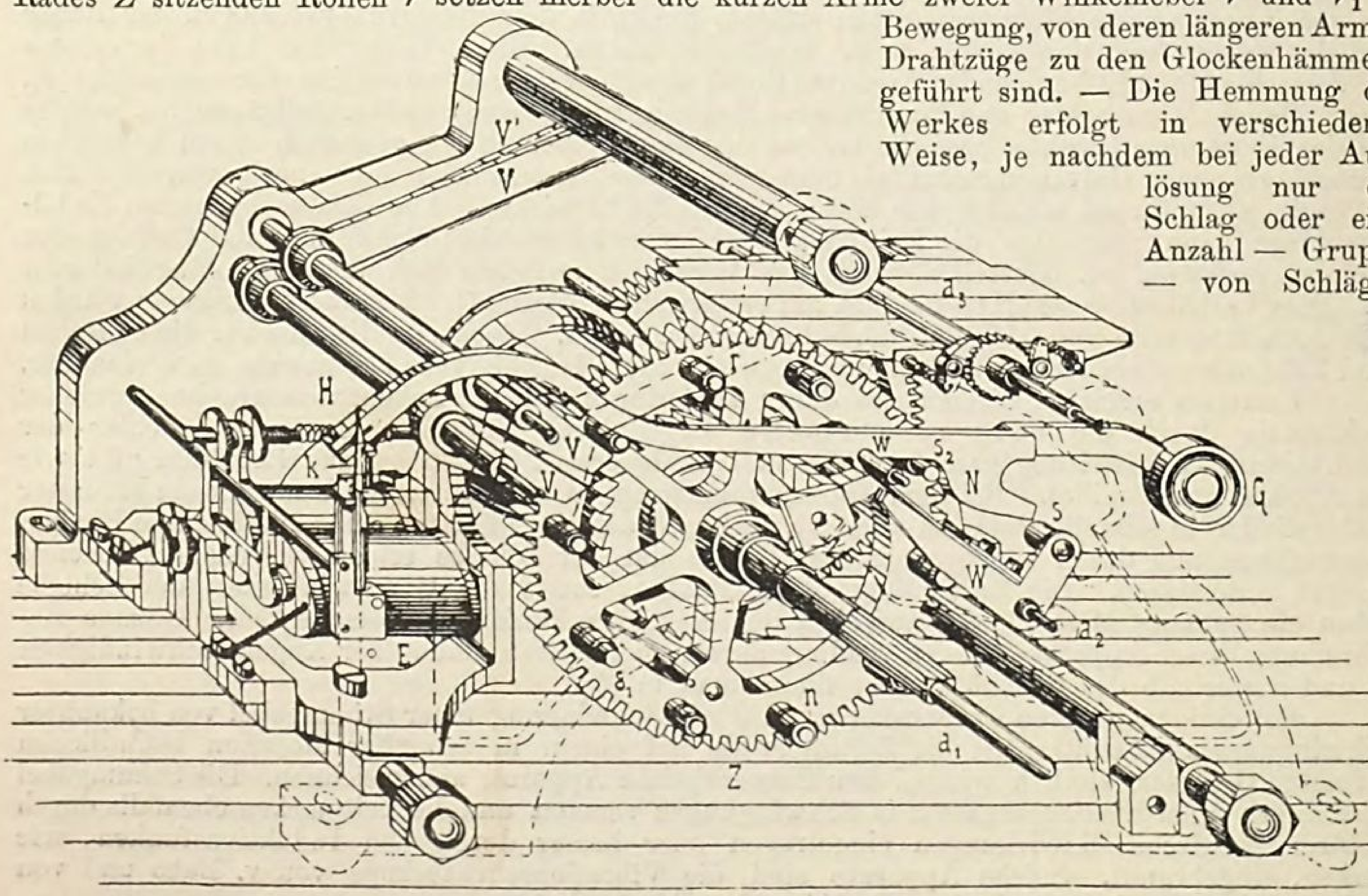


Fig. 2. Läutewerk mit Universalauslösung.

gegeben werden soll (Gruppenschläger). Im ersteren Falle stösst bei jedesmaliger Umdrehung der Zwischenwelle a_2 der Stift s des auf ihr sitzenden Winkelhebels W gegen die Nase N des Hebels H, wodurch letzterer wieder zurückgedreht und in die Klinke k eingeschlagen wird. Im andern Falle wird dagegen die Hemmung in ähnlicher Weise durch die verlängerten Rollenstifte s_1 und s_2 auf dem Rade Z bewirkt. Je nach der Zahl dieser Stifte und der Anzahl der Rollen r kann sonach eine grössere oder geringere Anzahl von Schlägen bei jeder Auslösung gegeben werden. Die Werke werden für Gruppen von einem bis zu zwölf Schlägen ausgeführt. — Gewöhnlich werden die Buden nur mit einer Glocke, das Werk also nur mit einem Hammer ausgerüstet. Jede der Rollen r bewirkt alsdann e i n e n Schlag. Wenn jedoch mehrere Bahnlinien neben einander laufen oder sich kreuzen, kann es notwendig werden, die verschiedenen Liniensignale von einander zu unterscheiden, und zu diesem Zweck verwendet man alsdann noch zwei- und dreiglockige Buden, in deren Werken alsdann jede der Rollen r zwei bezw. drei Hämmer in Bewegung setzt, also einen Doppel- bezw. Dreischlag bewirkt. Für einfachere Zwecke verwenden Siemens & Halske die in Fig. 3 dargestellte Läutesäule mit sogen. Spindelläutewerk. Die Säule, in der sich das Gewicht bewegt, trägt ein das Werk umschliessendes Gehäuse, auf dessen Dach die Glocke aufgesetzt ist. Das Schlagewerk selbst besitzt nur ein Rad nach Art der Schwarzwaldwecker, dessen Knaggen den um eine vertikale Spindel drehbaren Hammer gegen die gegenüber stehenden Seiten der Glocke hin- und herwerfen, so dass durch jede Knagge ein Doppelschlag bewirkt wird. Lässt man den Hammer nur einseitig anschlagen, so erhält man einfache Schläge. Die Auslösung und Hemmung wird in ähnlicher Weise bewirkt wie beim Universalläutewerk. Die Werke werden für Gruppen von 1 bis 18 Schlägen ausgeführt, die Säulen ein- oder zweiglockig. In letzterem Falle schlägt der Hammer abwechselnd gegen die beiden Glocken. — Näheres s. unter [1].

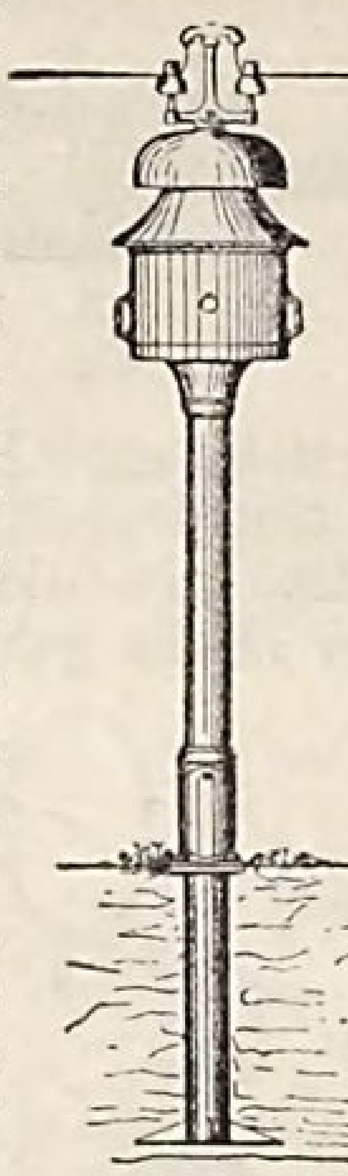


Fig. 3.

Die beschriebenen Läutewerke sind gewöhnlich für Arbeitsstromauslösung mit Elektromagneten von 10 Ohm Widerstand eingerichtet; in besonderen Fällen auch für Ruhestromauslösung. Im ersteren Falle wird die Auslösung gewöhnlich durch Läuteinduktoren mit gleichgerichteten Induktionsströmen bewirkt. Vereinzelt werden auch Wechselströme angewendet, für welchen Zweck der Auslösungsmechanismus eine etwas andere Gestalt erhält. Näheres s. unter [1] und [2]. Die Ströme werden den Läutewerken durch die Läuteleitung zugeführt, die von einer Station zur andern führt und in welche die Werke hinter einander geschaltet sind. Näheres unter L ä u t e i n d u k t o r.

E i n r i c h t u n g d e r L ä u t e w e r k e f ü r e l e k t r o m a g n e t i s c h e H i l f s s i g n a l e. Um diese Signale zur Herbeirufung von Hilfe von den Stationen von der Strecke aus zu geben, erhalten die beschriebenen Läutewerke häufig eine Zusatzeinrichtung, welche in nachstehender Weise angeordnet ist: Auf einer der Axen des Läutewerkes wird eine dem zu gebenden Signal entsprechende Knaggenscheibe aufgesteckt, deren Knaggen auf einen in die Läuteleitung eingeschalteten Unterbrechungstaster wirken. In der Leitung fliesst beständig ein konstanter Batteriestrom von einer solchen Stärke, dass die Elektromagnete der Läutewerke durch ihn nicht beeinflusst werden. Beim Auslösen des Läutewerkes von Hand wird derselbe durch die den Unterbrechungstaster bewegenden Knaggen nach Massgabe der Länge dieser letzteren auf längere oder kürzere Zeit unterbrochen, wodurch auf den beiden benachbarten Stationen ein in die Läuteleitung eingeschalteter Wecker zum Ertönen gebracht und das betreffende Signal auf akustischem Wege übermittelt wird. Für den Fall, dass es notwendig oder zweckmässig erscheint, das Signal auch schriftlich aufzunehmen, wird auf den Stationen beim Ertönen des Weckers dieser letztere aus- und ein Morsetelegraph eingeschaltet, auf dessen Papierstreifen alsdann das Signal in Morsezeichen erscheint. Für den Fall, dass die Läuteleitung zugleich als Sprechleitung dient (s. A u s n ü t z u n g d e r B a h n t e l e g r a p h e n l i n i e n u. s. w.), wird das Signal natürlich durch die ständig eingeschalteten Morseapparate aufgenommen. — Die durch diese Einrichtung übermittelten Signale bestehen aus zwei Begriffen, von denen der erstere den Ort der Aufgabe, also die Nummer der betreffenden Läutebude angibt, während der zweite die Art des Unfalls oder der zu sendenden Hilfe näher kennzeichnet; s. auch [2] bis [4].

Litteratur: [1] Schellen, Der elektromagnetische Telegraph, 6. Aufl., Braunschweig 1888. — [2] Röll, Encyklopädie des gesamten Eisenbahnwesens, Wien 1891, Bd. 3. — [3] Kohlfürst, Die elektrischen Telegraphen und Signalmittel auf der Frankfurter internationalen elektrotechnischen Ausstellung 1891, Stuttgart 1893. — [4] Grahwinkel u. Strecker, Hilfsbuch für die Elektrotechnik, 3. Aufl., Berlin 1893.

Köchy.

Elektromagnetismus nennt man diejenigen Wirkungen des elektrischen Stromes, welche derselbe beim Vorüberfliessen an magnetisirbaren Körpern auf diese ausübt. — Nicht nur die Magnete (s. Magnetismus) sind Träger von Kraftlinien, sondern auch Drähte, welche von elektrischen Strömen durchflossen werden [3].

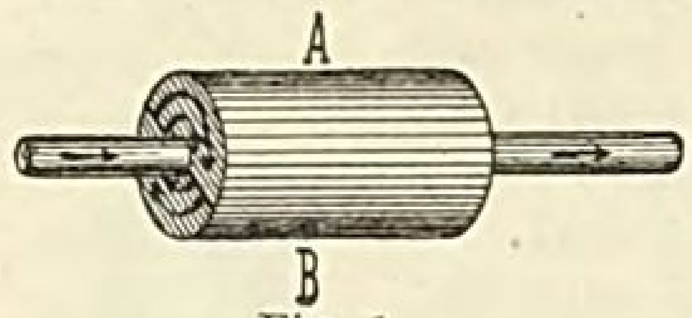


Fig. 1.

Um diese Kraftlinien sichtbar zu machen, durchbohrt man eine horizontale Glasplatte und steckt durch das Loch einen starken, vom Strom durchflossenen Draht vertikal hindurch. Bestreut man jetzt die Glasplatte mit Eisenfeilspänen, so ordnen sich dieselben in konzentrischen Kreisen an. Bringt man eine kleine Magnetnadel in die Nähe des Drahtes, so stellt sich dieselbe so ein, dass ihre magnetische Axe Tangente an eine Kraftlinie ist und die Richtung des Nordpoles gibt die positive Richtung der Kraftlinie an. Blickt man in der Richtung des durch den Draht gehenden Stromes auf die Kraftlinien, so ist die positive Richtung der Kraftlinien identisch mit der Drehungsrichtung des Uhrzeigers. Schiebt man über den vom Strom durchflossenen Draht ein Eisenrohr, so gehen die Kraftlinien in grosser Zahl durch das Eisen und magnetisiren dasselbe. Nimmt man statt des ganzen Rohres zwei auf einander passende Rohrhälften A und B (Fig. 1), so werden dieselben durch die hindurchtretenden Kraftlinien magnetisirt und bleiben infolge dessen an einander haften. Es lässt sich jetzt auch im voraus die Ablenkung einer Magnetnadel, welche dieselbe durch einen in der Nähe vorübergeführten elektrischen Strom erfährt, bestimmen, oder umgekehrt, aus der Ablenkung der Nadel die Richtung des Stromes erkennen. Der Nordpol der Nadel folgt, wie wir wissen, der positiven Richtung der Kraftlinien. Leitet man beispielsweise einen Strom dicht über eine Magnetnadel hinweg, wie dies Fig. 2 zeigt, so wird der Nordpol der Nadel nach links abgelenkt, wenn der Strom in der Richtung der Pfeile fliesst. Eine einfache Regel, um die Ablenkung vorauszubestimmen, ist folgende: Man halte die rechte Hand, die Handfläche der Nadel zugekehrt, so über den Stromleiter, dass die Fingerspitzen die Richtung des Stromes angeben, dann gibt der Daumen die Richtung des Ausschlages des Nordpoles der Magnetnadel an. Umgekehrt: Hält man bei gegebenem Nadelausschlag den Daumen nach der Seite des Ausschlages des Nordpoles, so zeigen die Fingerspitzen die Richtung des Stromes an [3].

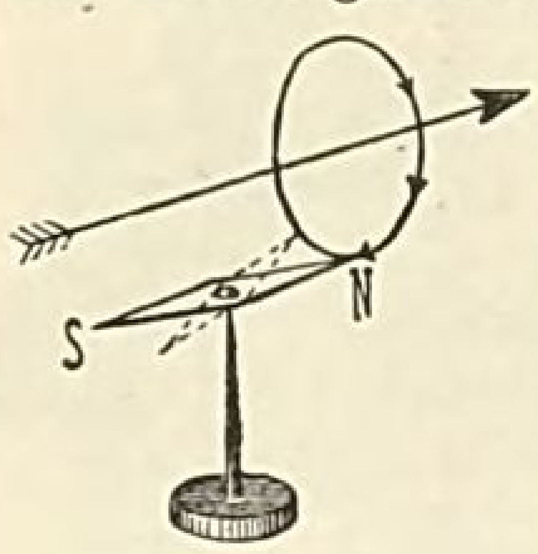


Fig. 2.

Wickelt man den stromdurchflossenen Leiter schraubenförmig auf, so vereinigen sich die kurzen Kraftlinienstücke, welche senkrecht zur Ebene einer einzelnen Windung stehen, zu Kraftlinien, welche nahezu parallel zur Axe des Cylinders verlaufen. Man nennt einen solchen schraubenförmig gewundenen Draht ein Solenoid (s. Fig. 6, Bd. 3, S. 706, Elektrodynamik). Welcher Art die Polarität eines Solenoid-Endes sein muss, lässt sich ohne weiteres aus der Stromrichtung angeben. Blickt man auf die Endfläche des Solenoids und fliesst der Strom im Sinne des Uhrzeigers, so ist die betrachtete Endfläche ein Südpol.

Bringt man in die Höhlung eines solchen Solenoids einen Eisenkern, so gehen die Kraftlinien auch durch den Eisenkern hindurch, wodurch derselbe magnetisch wird. Die Pole des Eisenkerns sind natürlich gleichnamig denen des Solenoids, also nach der angegebenen Regel im voraus zu bestimmen. Ein solcher magnetisirter Eisenkern wird Elektromagnet genannt. Der Magnetismus eines Elektromagneten dauert nur so lange, als das Solenoid vom Strome durchflossen ist; mit dem Aufhören des Stromes verschwindet auch der Magnetismus.

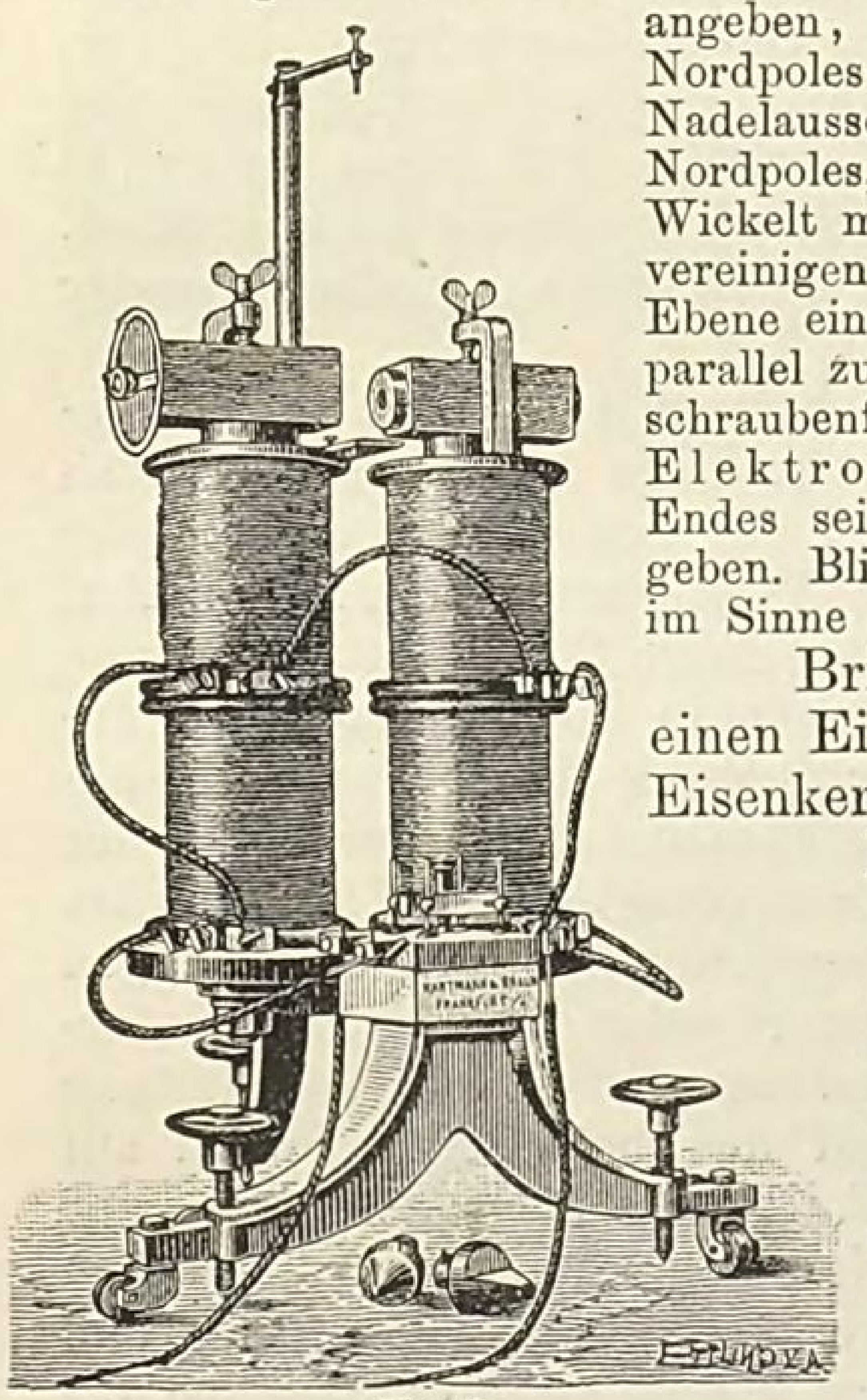

Fig. 3.

Fig. 3 stellt einen solchen Elektromagneten nach der Konstruktion von Hartmann & Braun dar. Die Schenkel besitzen 400 mm Höhe bei 70 mm Durchmesser und sind aus weichem schwedischen Holzkohleneisen hergestellt; die Windungen bestehen aus 3 mm starkem Kupferdraht, die oberen Enden der Pole sind für diamagnetische Versuche eingerichtet.

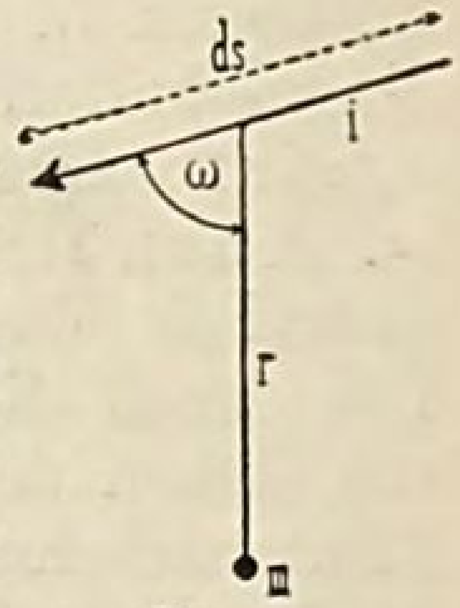


Fig. 4.

Die im vorstehenden besprochenen Wechselwirkungen zwischen elektrischen Strömen und Magneten können durch das von Biot & Savart aufgestellte Grundgesetz rechnerisch verfolgt werden [1]. Bezeichnet (Fig. 4) m die Stärke eines nordmagnetischen Poles, i den durch ein sehr kleines Leiterelement ds hindurchfliessenden Strom, r den Abstand von m und ds, ω den Winkel, welchen die Verbindungslinie r mit dem Leiterelement ds bildet, so ist die wirksame Kraft zwischen m und ds:

$$dP = \frac{m\, i \,.\, ds}{r^2} \sin \omega .$$

Die Kraft wird in Dyn erhalten, wenn r und ds in Centimetern, i und m in (c, g, s) Einheiten eingesetzt werden [3]. Mit Hilfe dieses Gesetzes kann die Einwirkung eines vom Strome durch-

flossenen Kreisringes auf eine senkrecht über der Mitte des Kreisringes befindliche magnetische Menge bestimmt werden, worauf die Anwendung der Tangentenbussole (s. Galvanometer) beruht [3].

Untersucht man mittelst dieser Gleichung die Einwirkung eines von einem Strome i durchflossenen Solenoids von der Länge l auf eine magnetische Menge, die sich in seiner Axe befindet, so gelangt man [3] zu der Gleichung $P = 4\pi m n i : 10\, l$ (hierbei ist vorausgesetzt, dass die Länge l verhältnismässig gross ist im Vergleich zum Durchmesser). Wird die magnetische Menge $m = 1$ gesetzt, so ist P die Kraft, welche das Solenoid auf die Menge 1 ausübt, und diese Kraft nennt man die Intensität des magnetischen Feldes oder auch die Feldstärke. — Dieselbe wird durch die Anzahl (H) Kraftlinien gemessen, welche durch den Quadratcentimeter einer senkrecht zu den Kraftlinien gestellten Fläche hindurchgehen (s. Magnetismus). Es ist dann: $H = 0{,}4.\pi n i : l$ (die Stromstärke überall in Ampère gemessen). — Aus der Gleichung für P geht hervor, dass diese wirksame Kraft vom Produkte aus Stromstärke und Windungszahl abhängt ($n i$). Dies Produkt nennt man Ampère-windungszahl; s. auch Dynamomaschine.

Bringt man in die Mitte eines Solenoids, dessen Länge l ist, einen Eisenstab von der Länge L und dem Querschnitt Q, so gehen die Kraftlinien des Solenoids durch den Eisenstab und magnetisiren ihn, d. h. die Molekularmagnete des Eisens werden zum grossen Teil gleichgerichtet. Der Eisenstab ist also selbst zu einem Magneten geworden, der nun von seinem Nordpol ebenfalls Kraftlinien aussendet.

Ist m die Polstärke, die der Eisenstab angenommen hat, so gehen $4\pi m$ Kraftlinien von dem Nordpol desselben aus (s. Magnetismus), QH Kraftlinien gehen vom Solenoid aus durch die Mitte des Stabes, so dass jetzt im ganzen $N = QH + 4\pi m$ Kraftlinien durch die Mitte des Eisenstabes hindurch gehen. Die Anzahl von Kraftlinien, die auf 1 qcm entfallen, ist $N : Q = B = H + 4.\pi \mathrm{m} : Q$. Die Grösse B heisst die magnetische Induktion. — Berücksichtigt man die Länge L [3], so ergibt sich $m : Q = mL : QL = M : V \frac{(\text{magnetisches Moment})}{(\text{Volumen des Stabes})} = J$. Diese Grösse heisst Intensität der Magnetisirung (J). Es ist dann $B = H + 4\pi J$. Man bezeichnet nun das Verhältnis $J : H$ mit K und nennt es magnetische Suszeptibilität und das Verhältnis $B : H$ mit μ und nennt es magnetische Permeabilität; es gibt die Durchlässigkeit des Materiales an [2]. Berechnet man für eine magnetisirbare Substanz zu einem beliebigen Werte von H die zugehörigen von B und μ und stellt dieselben graphisch dar, indem man die Werte von H als Abscissen, die Werte von B als Ordinaten in ein ebenes rechtwinkeliges Koordinatensystem einträgt, so erhält man die sogen. Magnetisirungskurve. Diese Kurve zeigt, dass zunächst mit wachsendem H auch B zunimmt, aber die Zunahme von B wird mit wachsendem H immer geringer und die Kurven verlaufen schliesslich nahezu parallel zur Abscissenaxe. Eine weitere Steigerung von H hat dann keine wesentliche Zunahme von B mehr zur Folge, d. h. das Eisen ist mit Magnetismus gesättigt, alle seine Moleküle sind gleichgerichtet.

Ist der zu untersuchende Eisenkern bei Beginn des Versuches [3] bereits magnetisch (von remanentem Magnetismus herrührend) und vergleicht man die Kurve, welche die magnetisirende Kraft gab, während sie bis zu ihrem Maximum anstieg, mit derjenigen, welche entsteht, wenn man diese Kraft wieder bis zu Null abnehmen lässt, so fallen beide Kurven nicht zusammen, sondern es sind die Werte der Ordinaten bei der abnehmenden Magnetisirung für gleiche Abscissen (Werte von H) grösser als die Ordinaten bei der vorausgegangenen zunehmenden Magnetisirung. Beide Kurven schliessen einen Flächenraum ein, dessen Grösse proportional ist der Arbeit, welche erforderlich war, um das Eisenstück zu magnetisiren. Man nennt diese Arbeit die Magnetisirungsarbeit; sie setzt sich in Wärme um und erhöht dadurch die Temperatur des Eisenkernes. Den ganzen Vorgang nennt man magnetischen Kreisprozess oder Hysteresis [1], [2], auch magnetische Reibung. — Die Tragkraft eines Magneten ist [3] $P = B^2 Q : 8\pi$ Dyn oder $B^2 Q : 8.981\,000.\pi$ kg. Der Elektromagnet hat in der Elektrotechnik eine sehr ausgedehnte Verwendung gefunden, besonders bei den verschiedenen elektrischen Telegraphen, Glocken etc. Ferner bei einer Anzahl von Messinstrumenten, bei den Dynamomaschinen u. dergl. mehr.

Litteratur: [1] Kittler, Handbuch der Elektrotechnik, Stuttgart 1892. — [2] Thomson, Der Elektromagnet, Halle 1894. — [3] Holzt, Schule des Elektrotechnikers, Leipzig 1896. *Holzt.*

Elektromagnetophon, ein Apparat zur Hervorbringung starker, nebelhornartiger Töne mittelst des elektrischen Stromes.

Aehnlich wie bei einem Telephon befindet sich eine Membran aus Eisenblech einem starken Elektromagneten gegenüber, während eine auf ihrer unteren Seite befestigte Kontaktspitze im Ruhezustande in Quecksilber taucht. Geht durch die Magnetwickelung ein Strom, so wirkt die Vorrichtung ebenso wie die Selbstunterbrechung einer elektrischen Glocke. Die Membran wird angezogen, wobei die Spitze ausser Kontakt mit dem Quecksilber kommt und den Strom unterbricht, so dass der Elektromagnet die Membran sofort wieder loslässt. Dadurch

wird der Kontakt abermals hergestellt, die Scheibe angezogen u. s. f. Letztere macht auf diese Weise 400 bis 500 Schwingungen in der Sekunde und gibt bei Verwendung kräftiger Ströme einen sehr lauten Ton, welcher zu Signalzwecken benützt werden kann. *Holzt.*

Elektrometallurgie, die Lehre von der Gewinnung der Metalle unter Zuhilfenahme von elektrischer Energie; sie ist in nachstehenden Werken enthalten.

Litteratur: [1] Balling, Grundriss der Elektrometallurgie, Stuttgart 1888. — [2] Vogel u. Rösing, Handbuch der Elektrochemie und Elektrometallurgie, Stuttgart 1891. — [3] Borchers, Die Gewinnung der Metalle unter Vermittlung des elektrischen Stromes, 2. Aufl., Braunschweig 1895. — Die ausländischen Werke gleichen Titels beschäftigen sich meist mit der Galvanoplastik und Galvanostegie; nur einzelne berichten auch über Metallgewinnungsmethoden, dann aber fast nur auf Grund von Patentschriften und anderen Veröffentlichungen. *Borchers.*

Elektrometer, s. Elektrizität und Elektrische Messinstrumente.

Elektromotor, s. Dynamomaschine.

Elektromotorische Kraft, s. Galvanismus.

Elektrooptische Erscheinungen. Hierunter versteht man Vorgänge, welche auf nahe Beziehungen zwischen Elektrizität und Licht schliessen lassen.

So beobachtete Hertz, dass die Entstehung des elektrischen Funkens bei einem Induktionsapparate wesentlich befördert wird, wenn man die negative Elektrode durch das Licht einer zweiten Funkenstrecke beleuchtet. Dieselbe Wirkung äusserte elektrisches Bogenlicht, Magnesiumlicht und jede Lichtquelle, welche ultraviolette Strahlen aussandte [1]. Ueberhaupt wurde ein negativ elektrisch geladener Körper durch Bestrahlung mit ultraviolettem Licht sehr schnell entladen. Dieselbe Beobachtung machte Roentgen, wenn er negativ oder positiv geladene Körper der Einwirkung der X-Strahlen aussetzte. Die Körper wurden unter dem Einflusse dieser Strahlen sehr schnell entladen, und war es gleichgiltig, ob sie aus Leitern oder aus Isolatoren bestanden [3]. Hankel gelang es, elektrische Erscheinungen bei verschiedenen Kristallen, besonders bei Flussspat, lediglich durch Beleuchten mit Tageslicht oder elektrischem Licht hervorzurufen [2]. Nach den neueren Versuchen von Hertz, welche die elektromagnetische Lichttheorie von Maxwell bestätigen, sind die Schwingungen, welche im Aether die Lichterscheinungen hervorrufen, analog zu den Bewegungen, welche dem Aether durch die elektrischen Erregungen mitgeteilt werden, und der Unterschied liegt nur in der verschiedenen Wellenlänge. Die elektrischen Wellen werden nach denselben Gesetzen reflektirt, gebrochen, polarisirt etc. wie die Lichtwellen.

Litteratur: [1] Müller-Pfaundler, Lehrbuch der Physik, Braunschweig 1890. — [2] Wüllner, Lehrbuch der Experimentalphysik, Leipzig 1886. — [3] Roentgen, Weitere Mitteilungen über die X-Strahlen, Würzburg 1896. *Holzt.*

Elektrophor heisst einer der ältesten, zur Erzeugung statischer Elektrizität dienenden Apparate (Volta 1776).

In der „Form“ aus Blech befindet sich der „Kuchen“ aus Harz, sie bilden zusammen die „Basis“, als welche aber auch ein Guttaperchalappen auf dem Tische liegend dienen kann. Mit Fuchsschwanz oder Katzenfell gepeitscht, wird der Kuchen negativ elektrisch. Der aufgesetzte Deckel oder Schild aus Metall bezw. staniolüberzogenem Holz mit isolirendem Griff wird durch Influenz elektrisch und gibt jedesmal nach dem Aufsetzen einen negativen, nach dem Abheben einen positiven Funken, das Aequivalent der beim Aufsetzen und Abheben des Schilds gegenüber den elektrischen Kräften verrichteten mechanischen Arbeiten. Vergl. Frick-Lehmann, Physikal. Technik, Braunschweig 1895, II, S. 22. *Aug. Schmidt.*

Elektroplate, s. unter Neusilber.

Elektroskop, ein Apparat zum Erkennen schwacher elektrischer Ladungen.

Das Goldblattelektroskop hat als Hauptbestandteil zwei neben einander hängende Streifen aus Blattgold an einem kleinen isolirten Konduktor; geladen divergiren sie und ihre Divergenz nimmt zu oder ab, je nachdem man dem Knopf des Konduktors einen gleichnamig oder ungleichnamig geladenen Körper nähert. — Das Einblattelektroskop von Bohnenberger [1] (oder Behrens?) hat nur ein Streifchen Blattgold zwischen den zwei entgegengesetzt elektrischen Polen einer Zambonischen Säule; geladen neigt es sich gegen den ungleichnamigen Pol. Weiteres s. [2] und d. Art. Elektrische Messinstrumente.

Litteratur: [1] Winkelmann, Handbuch der Physik, Breslau 1893, 3, 1, S. 59. — [2] Frick-Lehmann, Physik. Technik, Braunschweig 1895, 2, S. 11 ff., S. 381. *Aug. Schmidt.*

Elektrotechnik, s. Ingenieurwesen.

Elektrotypie, Galvanotypie, das galvanoplastische Verfahren zur Herstellung von Kupferniederschlägen für den Druck auf der Buchdruckpresse. In Deutschland und Frankreich werden die solcherweise erzeugten Platten Galvanos, in England und Amerika Electros genannt. Von dem abzuformenden Holzschnitt, der Type etc. wird eine Matrize aus Wachs, dem ein geringer Terpentinzusatz und etwas fein pulverisirter Graphit beigemischt ist, gemacht, die man alsdann noch durch Einbürsten mit Graphitpulver, was mit der Hand oder auch mit der Graphitirmaschine geschehen kann, leitend macht. Die so gewonnene Matrize wird in eine gesättigte Kupfervitriollösung auf einem metallischen Rahmen eingehängt und ihr, der Kathode, gegenüber eine Kupferplatte als Anode. Die

Stromentwicklung erfolgt auf dynamo-elektrischem Wege, anfänglich mit nur geringer Stromstärke behufs Erzielung eines langsamen und dichten Niederschlags für die den Druck zunächst abgebende Fläche des Galvanos, sodann, um in thunlichst kurzer Zeit eine grössere Dicke desselben zu erzielen, verstärkt selbst bis zu 60 Ampère. Die erhaltenen Niederschläge sind behufs Fertigmachung für den Druck zu verzinnen und mit Schriftmetall zu hintergiessen. *Goebel.*

Elektrum, s. v. w. Bernstein.

Element. Mit diesem Ausdruck wird meist ein unendlich kleiner Bestandteil einer Grösse bezeichnet; so z. B. Bogenelement, Flächenelement, Volumenelement, Zeitelement. Andererseits wird der Ausdruck aber auch zur Bezeichnung der Bestimmungsstücke einer Operation gebraucht. So nennt man z. B. die Resultante und das resultirende Axenmoment einer Kräftereduktion die Reduktionselemente des Kräftesystems; so sind die Halbaxen einer Bahnellipse die Elemente dieser Bahn. *Schell.*

Element hat in der Mathematik verschiedene Bedeutungen. Im allgemeinen versteht man darunter in der Algebra und Analysis einfache Grössen, aus welchen man andere zusammensetzt. In der Geometrie werden Punkt, Gerade und Ebene als die Raumelemente bezeichnet, von welchen die zusammengesetzten Gebilde sich herleiten lassen. Element ist hierbei eine Bezeichnung für jedes der drei Gebilde; bei den Doppelelementen einer Involution kann man daher je nach den Umständen an Punkte, Gerade oder Ebenen denken. Wesentlich verschieden hiervon ist die Bedeutung von Element als unendlich kleiner Teil einer geometrischen Grösse; in diesem Sinn ist Element wesentlich gleichbedeutend mit Differential; so heisst z. B. Linienelement oder Bogenelement ein unendlich kleiner Teil eines Kurvenbogens, Flächenelement ein unendlich kleiner Teil einer Fläche; die Gestalt des letzteren hängt von der Teilung der Fläche ab. Im pädagogischen Sinne sind Elemente eines mathematischen Lehrfachs die einfachsten Grundbegriffe und Sätze desselben, und eine Methode, welche sich nur auf diese stützt, wird elementar genannt. *Wölffing.*

Element, chemisches, derjenige Stoff, welcher, als nicht aus verschiedenen Komponenten bestehend, durch chemische Mittel erkannt oder vermutet wird. Aus ihnen setzen sich demnach sämtliche anderen Stoffe zusammen.

Jedem Element ist ein bestimmtes Mengenverhältnis (im Vergleich zu irgend einer bestimmten Einheit) charakteristisch, mit welchem es in Verbindungen eintritt. Es hat sich gezeigt, dass dieses, das Atomgewicht, auch mit fast allen anderen Eigenschaften des Elements in innerem Zusammenhang steht. Ordnet man nämlich die Elemente nach der Grösse der Atomgewichte, so kehren nach allmälicher Aenderung der Eigenschaften diejenigen des ersten nach je etwa 7 Gliedern in auffallender Aehnlichkeit wieder (s. Atomgewicht). Die einheitliche Natur mancher seltener Metalle steht noch in Frage, andererseits ist es wohl möglich, dass es einmal gelingen wird, die heute als Elemente bezeichneten Stoffe in noch einfachere Urstoffe zu zerlegen; doch ist es dann angesichts des periodischen Elementensystems so gut wie sicher, dass alle sich ihm zwanglos einordnenden Stoffe als in gleichem Grade zusammengesetzt sich ergeben werden. *Abegg.*

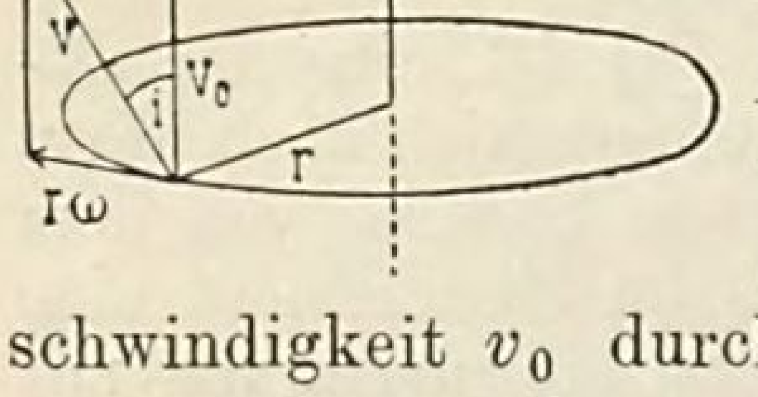
Element, galvanisches, s. Galvanismus.

Element, im Maschinenbau, s. Maschinenelemente.

Elementarbeschleunigung. Die Geschwindigkeit $[v]$ ist eine im allgemeinen kontinuirlich veränderliche geometrische Grösse, veränderlich nach Wert und Richtung. Sie ist eine auf der Tangente aufzutragende Strecke von dem Sinne des Bahnelements und verändert sich dadurch, dass im Zeitelement eine unendlich kleine Komponente in bestimmter Richtung zu ihr hinzutritt, um mit ihr die Geschwindigkeit $[v']$ zu bilden, mit welcher der Punkt das folgende Bahnelement beschreibt. Diese unendlich kleine Komponente ist das geometrische Differential $[dv]$ der Geschwindigkeit und wird die Elementarbeschleunigung der Geschwindigkeit $[v]$ genannt.

Zieht man von irgend einem Punkte des Raumes aus mit allen Tangenten der Bahn des Punktes Parallele und trägt auf ihnen von diesem Punkte aus Strecken geometrisch gleich den Geschwindigkeiten in deren Sinn auf, so bilden die Endpunkte derselben eine Kurve, den Hodographen (s. d.). Das Bogenelement des Hodographen stellt die Elementarbeschleunigung dar. Denkt man sich einen beweglichen Punkt den Hodographen beschreibend, während der Hauptpunkt seine Bahn durchläuft, so wird das Element des Hodographen im Zeitelement beschrieben und gibt, durch dies Zeitelement dividirt, die Geschwindigkeit des Hodographenpunktes. Diese Geschwindigkeit ist die Beschleunigung des Hauptpunktes. *Schell.*

Elementarbewegung ist die im Zeitelement dt erfolgende Bewegung eines Punktsystems. Ist dasselbe ein ebenes, sich in der Ebene bewegendes, unveränderliches System, so besteht die Elementarbewegung in einer unendlich kleinen Rotation um einen bestimmten Punkt Γ des Systems von bestimmter Lage C in der Ebene, das Momentanzentrum (Momentanpol) (s. d.). Ist $d\vartheta$ die unendlich kleine Amplitude dieser Rotation, so ist $\omega = \frac{d\vartheta}{dt}$ die Winkelgeschwindigkeit derselben. Alle Punkte des Systems beschreiben im Zeitelemente dt Bogenelemente als Kreisbogenelemente um Γ und ist $v = r\omega$ die Geschwindigkeit der Systempunkte im Abstande r von Γ. Die Normalen der Bahnen der Systempunkte gehen daher alle durch das der betreffenden Lage des Systems entsprechende Momentanzentrum hindurch. Rückt das Momentanzentrum ins Unendliche, so geht die Rotation in eine Translation über und beschreiben alle Systempunkte parallele und gleiche Bogenelemente und besitzen dieselben alle gleiche Geschwindigkeit. Bewegt sich ein unveränderliches räumliches System parallel einer Ebene, so haben alle Schnitte desselben parallel dieser Ebene Bewegungen der eben bezeichneten Art und liegen alle Momentanzentren desselben auf einer Momentanaxe senkrecht zu der Ebene. Bewegt sich ein unveränderliches räumliches System um einen festen Punkt O, so ist die Elementarbewegung desselben eine Rotation um eine durch diesen Punkt hindurchgehende Axe γ des Systems in bestimmter Lage c im Raume. Alle Systempunkte beschreiben ihre Bogenelemente als Kreisbogenelemente mit Radien gleich ihren Abständen von γ und wenn wieder $d\vartheta$ die Elementaramplitude ist, so sind die Geschwindigkeiten der Systempunkte im Abstande r von dieser Axe $v = r\frac{d\vartheta}{dt} = r\omega$. Diese Bogenelemente sind senkrecht zu den Ebenen, welche durch die Axe γ und die Systempunkte gehen, d. h. die Normalebenen der Bahnen der Systempunkte schneiden sich alle in der der Lage des Systems entsprechenden Momentanaxe. — Bei der allgemeinsten Bewegung eines unveränderlichen räumlichen Systems ist die Elementarbewegung eine unendlich kleine Schrauben- oder Windungsbewegung, d. h. sie besteht aus einer elementaren Rotation $d\vartheta$ um eine Axe γ in Verbindung mit einer elementaren Translation $d\tau$ parallel γ. Die Winkelgeschwindigkeit ω der Rotation ist $\omega = \frac{d\vartheta}{dt}$ und die Geschwindigkeit der Translation $v_0 = \frac{d\tau}{dt}$. In der Entfernung r von der Axe besitzen die Systempunkte eine Geschwindigkeit $r\omega$, herrührend von der Rotation, und senkrecht zu den Ebenen, welche sie mit γ verbinden, proportional dem Abstande r und eine zu dieser senkrechte gemeinsame Geschwindigkeit $v_0 = \frac{d\tau}{dt}$. Ihre Geschwindigkeiten v sind daher die Resultanten aus beiden, nämlich $v = (r^2 w^2 + v_0^2)^{\frac{1}{2}}$ (s. d. Figur).



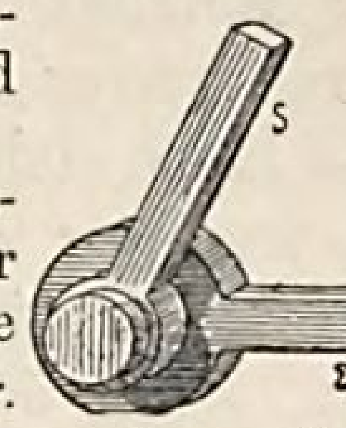
Die Systempunkte beschreiben ihre Bogenelemente als Elemente von Schraubenlinien um die Axe γ und die Neigung i ihrer Geschwindigkeit gegen die Richtung der Axe ist gegeben durch tang $i = \frac{w}{v_0} r$ und nähert sich der Winkel i mit wachsendem Abstand r immer mehr einem rechten Winkel. Den Quotienten der Translationsgeschwindigkeit v_0 durch die Winkelgeschwindigkeit ω der Elementarbewegung, nämlich die Grösse $p = \frac{v_0}{\omega}$ nennt man den Parameter derselben.

Ueber die Elementarbewegung unveränderlicher Systeme vgl. Schell, Theorie der Bewegung und der Kräfte, 2. Aufl., Leipzig 1879/80, Bd. 1, S. 221, 260 und 285. *Schell.*

Elementenpaar, kinematisches, die Gesamtheit aller Oberflächenteile eines bewegten festen Körpers, die während der Bewegung desselben mit einem andern festen Körper in Berührung kommen, heisst nach Schadwill [1] ein kinematisches Element und die beiden zusammengehörigen kinematischen Elemente dieser beiden Körper bilden ein kinematisches Elementenpaar.

Dreht sich z. B. (s. Fig.) ein Vollcylinder des Körpers S in einem entsprechenden Hohlcylinder des Körpers Σ, und wird das Verschieben längs der Drehungsaxe durch Ansätze an

den Vollcylinder verhindert, so bilden die Oberfläche des Vollcylinders und die ebenen Flächen der Ansätze das kinematische Element des Körpers S. Ebenso bilden die Oberfläche des Hohlcylinders und die ebenen Flächenteile, in denen jene Ansätze die Körper Σ berühren, das kinematische Element des Körpers Σ. Die beiden kinematischen Elemente bilden ein kinematisches Elementenpaar, welches in diesem speziellen Falle auch eine Drehpaarung (s. d.) genannt wird [2]. Die Benennung kinematisches Element und kinematisches Elementenpaar stammt von Reuleaux [3].



Litteratur: [1] Verhandlungen des Vereins zur Beförderung des Gewerbefleisses in Preussen, 1876, Jahrg. 55, S. 386. — [2] L. Burmester, Lehrbuch der Kinematik, Leipzig 1888, Bd. 1, S. 265 und 266. — [3] Reuleaux, Theoretische Kinematik, Braunschweig 1875, S. 46 und 89. *Burmester.*

Elementenprofile. Vollzieht ein ebenes Gebilde S in einem andern festen ebenen Gebilde Σ eine bestimmte Bewegung, dann entspricht einer Kurve c des Gebildes S eine Kurve γ im Gebilde Σ, die alle Lagen der bewegten Kurve c umhüllt. Wird nun die Bewegung umgekehrt, betrachten wir das Gebilde S als fest und das Gebilde Σ in demselben als bewegt, dann werden alle Lagen der bewegten Kurve γ von der Kurve c umhüllt. Je zwei solche zusammengehörige Kurven in zwei ebenen Gebilden nennt Reuleaux Elementenprofile, weil durch diese Kurven kinematische Elementenpaare bestimmt werden (s. Elementenpaar).

Litteratur: Reuleaux, Theoretische Kinematik, Braunschweig 1875, S. 139. *Burmester.*

Elemi heissen verschiedene harzartige Produkte, welche von tropischen Bäumen (wahrscheinlich der Familie der Burseraceae angehörig) stammen und nach ihrem Aggregatzustand als weiches und hartes Elemi unterschieden werden.

In unserem Handel erscheint nur regelmässig Manila-Elemi von Luzon, dessen Stammpflanze Abilo oder Arbol a brea genannt wird (vielleicht Canarium?). Es bildet eine weiche teigartige, zähe, fettglänzende, klebrige, gelblich weisse (an weissen Honig erinnernde) oder grünliche Masse, mit Pflanzenresten und Kohlenpartikeln vermischt, von starkem gewürzhaftem, an Macis und besonders an Fenchel erinnernden Geruch. Mit der Zeit erstarrt es zu einem harten, wachsglänzenden, bräunlich-gelben Harze. In Weingeist, Aether, Benzol ist es beim Erwärmen vollkommen löslich, in Chloroform schon bei gewöhnlicher Temperatur. Das Mikroskop zeigt die Masse durch und durch kristallinisch, die Kristalle sind das Harz Amyrin (20—25 %). Die Hauptmasse besteht aus einem in Alkohol löslichen amorphen Harz, ferner sind zwei kristallisirbare, im Wasser lösliche Körper, Bryoidin und Breidin, und ein ätherisches Oel (10—17 %) vom spez. Gew. 0,861 (aus Terpenen bestehend) gefunden worden.

Von den übrigen Elemisorten sind noch die ostindische und die mexikanische Sorte zu nennen; das in der Lackindustrie äthiopisches Elemi genannte Material dürfte ostindische Ware sein. Fälschungen des Elemi geschehen mit parfümirtem Fichtenharz. Verwendung findet es in der Hutmacherei, zu klebrig bleibenden und geschmeidig machenden Firnissen.

Litteratur: Die pharmakognostischen Werke von Flückiger und A. Vogl. — Wiesner, Rohstoffe des Pflanzenreiches, Leipzig 1873, S. 106. — Ein neues Elemiharz von Canarium Muelleri beschreibt J. H. Maiden im Pharm. Journ. and Transact. London 1892, S. 15. *T. F. Hanausek.*

Elevationsschraube, s. Nivellirinstrumente und Tangentenkippschraube.

Elevationswinkel heisst bei der parabolischen Wurfbewegung eines schweren Punktes der Winkel, welchen die Anfangsrichtung der Bahntangente mit dem Horizonte bildet. Von ihm und der Grösse der Anfangsgeschwindigkeit hängt die Beschaffenheit dieser Bewegung ab, insbesondere die Wurfweite und die Höhe des Wurfs. Ein gegebener Punkt kann, wenn er überhaupt von einem geworfenen Punkt erreichbar ist, im allgemeinen unter zwei Elevationswinkeln getroffen werden; der kleinere derselben bestimmt den flachen Wurf, der grössere den steilen Wurf. *Schell.*

Elevator, Staker oder Strohelevator genannt, findet in der Landwirtschaft Verwendung zum Vertikaltransport von Getreidegarben, Heu und Stroh beim Abladen oder Ausdrusch der ersteren. Er ist entweder auf einem Wagen montirt oder, wenn er nur zum Strohtransport beim Dreschen dienen soll, vielfach mit der Dreschmaschine in Verbindung gebracht. Wie aus Fig. 1 ersichtlich ist, besteht der Elevator aus einem ca. 1,5 m weiten Holztroge, dessen beide Hälften mittelst einer Kurbel in einander geschoben werden können, so dass seine Länge zwischen 5 und 13 m gewählt werden kann. Oben und unten sowie auf der unteren Seite des Trogbodens sind Führungsrollen für zwei endlose Ketten angebracht, welche auf gewisse Entfernung durch Querleisten verbunden

sind, die aufrecht stehende Zähne tragen. Am unteren Ende des Troges befindet sich eine Blechmulde, durch deren Boden die Leisten und Zähne treten können. Mittelst einer Kurbel und zweier Zahnstangen oder auch durch eine Kette lässt sich der Elevator mehr oder weniger steil einstellen, so dass das Material bis auf die Höhe von 5—9 m gefördert werden kann. Beim Antrieb, sei es von der Dreschmaschine oder einem besonderen Göpel aus, werden die mit Zähnen versehenen Querleisten in den Boden der Mulde treten, erfassen dort das Material und fördern dasselbe nach dem höchsten Punkt, von wo es abfällt und zu Haufen aufgesetzt wird. Die Einstellung des Elevators ist auch, wenn er mit der Dreschmaschine verbunden ist, möglich in der Längsrichtung derselben wie nach beiden Seiten hin. Für den Transport wird der Elevator möglichst verkürzt, entweder in der oben angegebenen Weise oder durch Umklappen der einen Hälfte auf die andere (Fig. 2), während bei dem Elevator von Nalder, Wantage, England, ein Umklappen auf die Dreschmaschine selbst stattfindet. Der Kraftbedarf für den Betrieb ist $^1/_2$—$^3/_4$ PS., an Arbeitern ersetzt der Staker 5—6 Personen, die Leistung ist pro Stunde 14—20 t. — Je nach

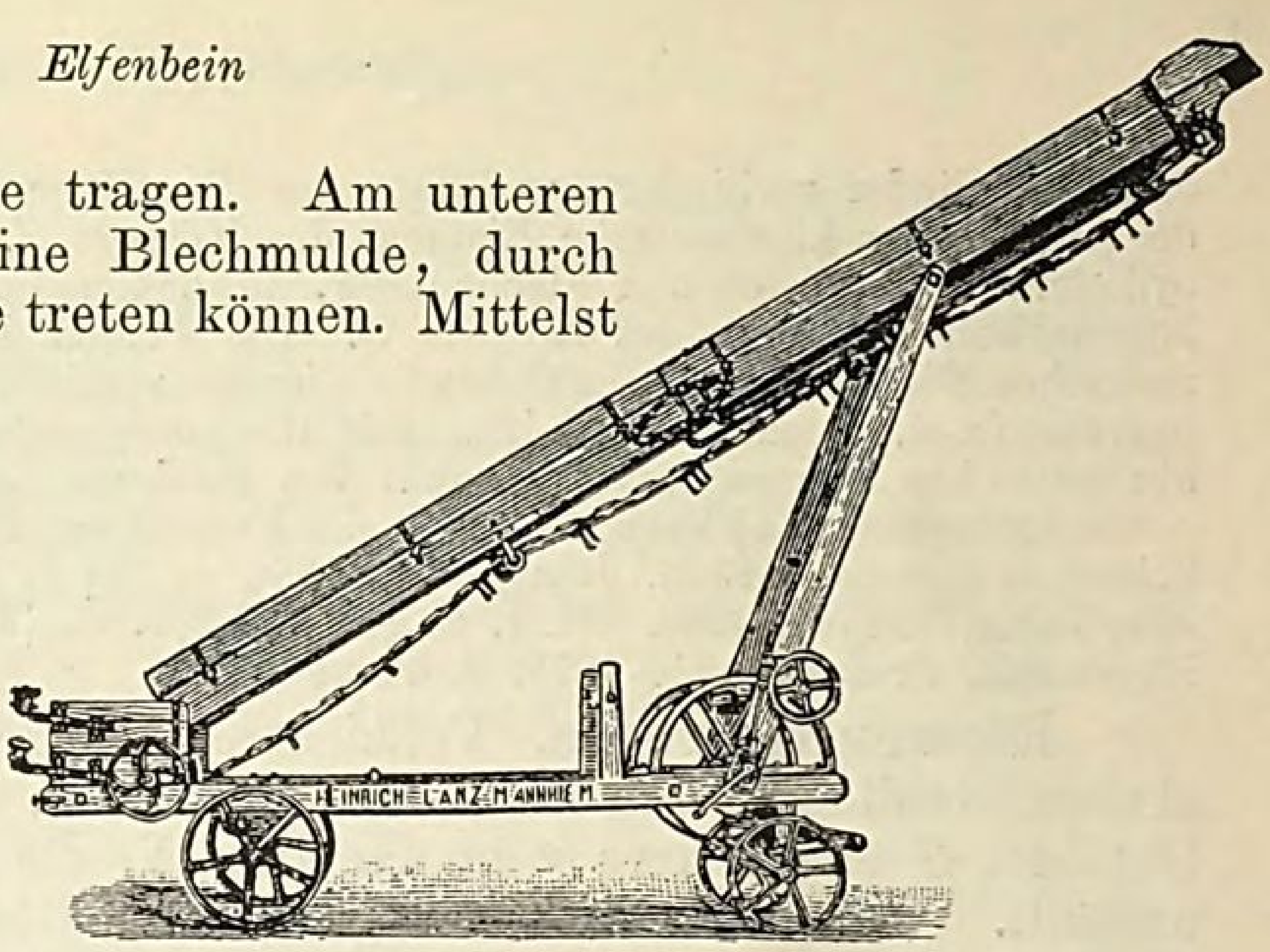


Fig. 1.

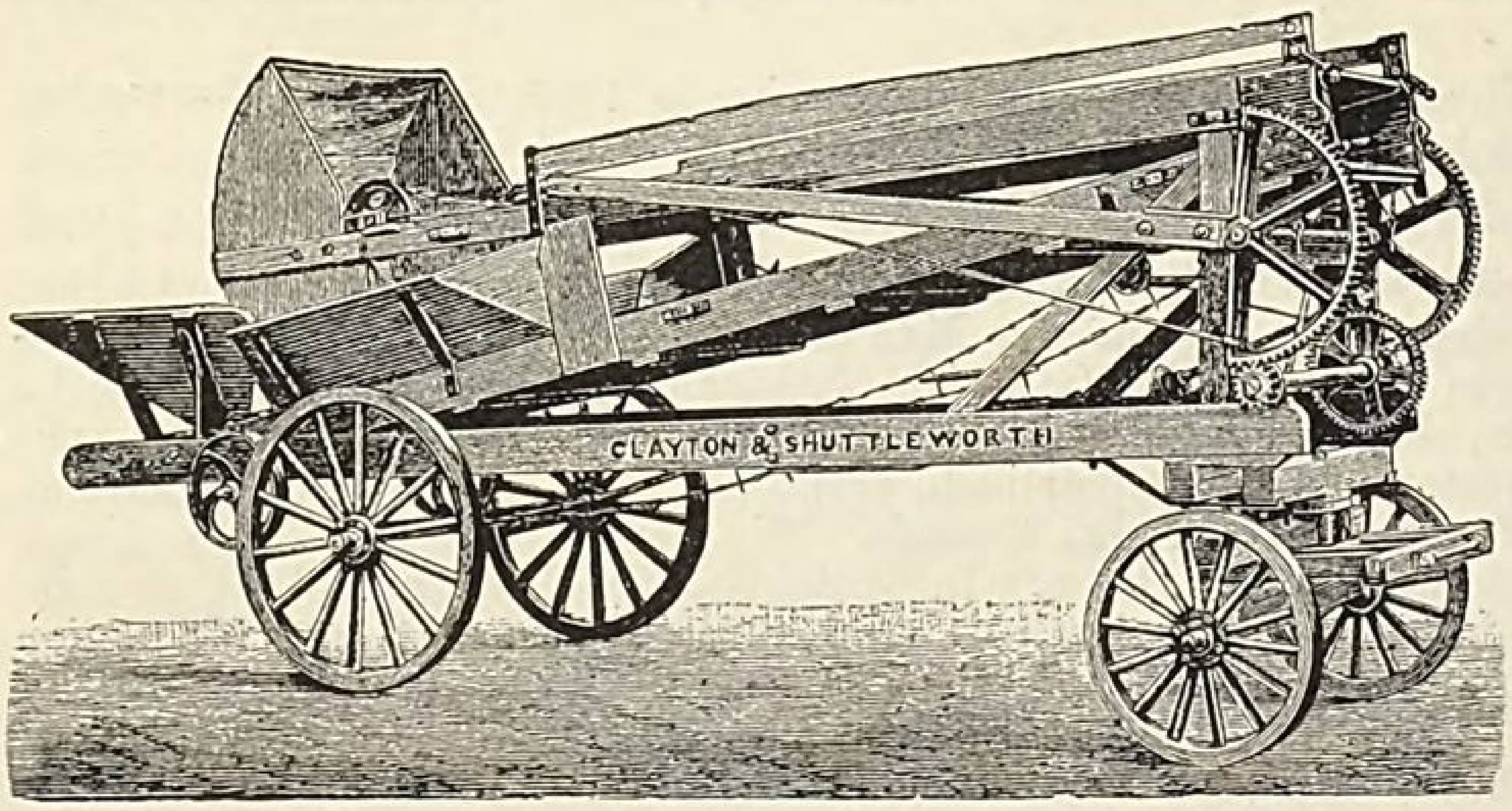


Fig. 2.

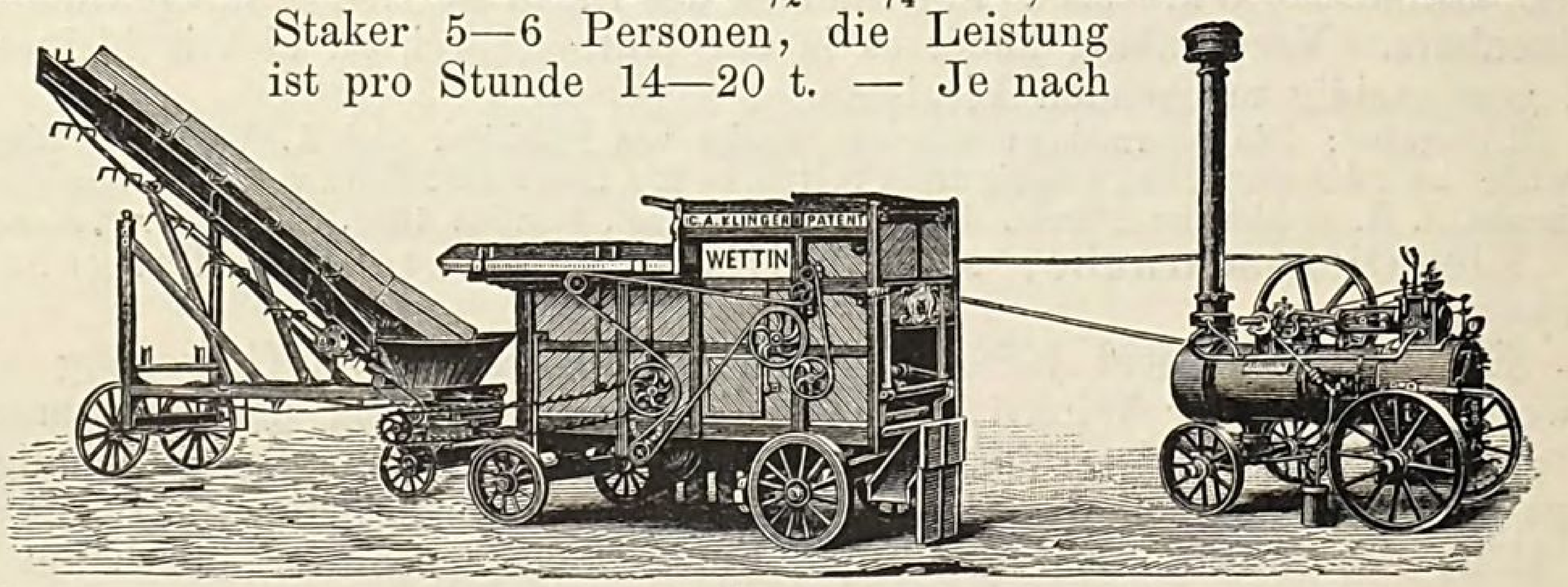


Fig. 3.

Dimensionen und Ausführung beträgt der Preis 590—1200 *M.* Die Aufstellung der Dampfdreschgarnitur inkl. Elevator ergibt sich aus Fig. 3. **Strebel.**

Elfenbein (animalisches). Unter diesem für Technik und Kunst gleich wertvollen Rohstoff versteht man bestimmte Zähne von sechs lebenden und einem ausgestorbenen Tiere und zwar: 1. die Stosszähne des afrikanischen und 2. die des asiatischen Elefanten; 3. die stark gekrümmten Stosszähne des (ausgestorbenen) Mammuts (Elephas primigenius); 4. die vier Eck- und acht Schneidezähne des Nilpferdes; 5. die Eckzähne des Walrosses (Trichechus Rosmarus); 6. die Vorderzähne des Narwals (Monodon monoceros); 7. die Unterkieferzähne des Pottwales oder Cachelot (Physeter macrocephalus) [5]. Das meiste Elfenbein des Handels stammt vom afrikanischen Elefanten und wird nach der Herkunft als westafrikanisches, lebendes oder Glasbein, und als

ostafrikanisches, totes oder Milchbein, unterschieden [2], [3], [6]. Ersteres ist hart und durchscheinend, letzteres weicher, undurchsichtig und weiss.

Von Afrika gelangen jährlich etwa 800000 kg im Werte von 11—17 Millionen Mark in den Handel, wovon 640000 kg nach Europa, 100000 kg nach Asien und 60000 kg nach Amerika gehen [5]. Die Stosszähne der Elefanten sind eigentümlich entwickelte Vorderzähne, schwach und in einer Spirale gekrümmt, in den seltensten Fällen über 2 m lang, bis 60 kg schwer, die vom Weibchen stammenden wiegen meist nur 5—8 kg; Zähne mit 100 kg und darüber sind höchst seltene Ausnahmen; die kleinsten und meist gebrochenen Elefantenzähne werden Crivellen oder Escrivellen genannt.

Zum Verständnis der technischen Eigenschaften ist die Kenntnis des exomorphen und endomorphen Baues eines Zahnes überhaupt notwendig [1], [4], [5]. Nach der stofflichen Beschaffenheit unterscheidet man Horn- und Dentinzähne; letztere werden wieder nach der Art ihres Wachstums in geschlossene, Wurzeln besitzende, und in offene, wurzellose oder nachwachsende Zähne eingeteilt. Alles Elfenbein besteht nur aus nachwachsenden Zähnen.

Ein solcher Zahn stellt im allgemeinen einen hohlen Kegel vor, dessen Höhlung von einer nervenreichen Masse (Pulpa, Zahnkeim) ausgefüllt ist. Die Hauptmasse des Zahnes besteht aus Dentin (Eburin, Zahnbein), welches an jenen Zähnen, deren freier Teil als sogenannte Krone entwickelt ist, von einer besonders harten und spröden Substanz, dem Schmelz oder Email, überzogen ist. Den Stosszähnen der Elefanten fehlt der Schmelz. Die Wurzel geschlossener Zähne ist von einer sehr verschieden mächtigen Hülle, dem Zement, umgeben, welches den Bau und die Beschaffenheit eines echten Knochens besitzt. Am Elefantenzahn bildet dagegen die Zementschichte (in der Praxis „Rinde") eine dünne Hülle auch um den freien (hervorragenden) Teil. Endlich ist in vielen Zähnen noch ein pathologisches Produkt vorhanden, das aus der Pulpa durch Verknöcherung von Teilen derselben hervorgeht und Osteodentin genannt wird. Im Elefantenzahn tritt es in Form von rundlichen Knollen, die Faustgrösse erreichen können und in der Praxis „Pocken" heissen, auf; im Walrosszahn findet man die ganze Pulpa in Osteodentin umgewandelt und nennt dieses wegen seines eigentümlichen marmorirten Aussehens in der Praxis „Maser". Bezüglich der Abnützung des Zahnes durch den Gebrauch und des Ersatzes durch Nachwachsen ist folgendes zu bemerken: Der jugendliche Zahn verliert durch den Gebrauch allmählich von seiner Spitze so viel, dass die Pulpa schliesslich bloss liegen würde; sie hat aber unterdessen neues Dentin produzirt und die früher von der Pulpa am Spitzenende eingenommene Höhlung mit Osteodentin ausgefüllt; dieses Osteodentin bildet also von der lebenden Pulpa an bis zur Spitze des Zahnes einen gewissermassen axialen Streifen; das neu gebildete Dentin legt sich an das vorhandene an und demnach besteht der Zahn aus zahlreichen in einander geschachtelten Dentinkegeln, deren Spitzen aber durch den Osteodentinstreifen geschlossen sind. Betrachtet man nun die Oberfläche eines vollständigen, zentralen polirten Längsschnittes des Stosszahnes, so zeigt sich zunächst die Spur der Pulpahöhlung in Form eines dunklen Streifens bis zur Spitze des Zahnes; ferner sieht man eine dünne (1 mm messende) Rinde (Zement), das Dentin und das Osteodentin, wenn letzteres nennenswert entwickelt ist. An dem Dentin lassen sich vier Systeme von Linien unterscheiden: a. Ausserordentlich feine, wellige, senkrecht zur Aussenfläche des Zahnes stehende Linien, nur mit starker Lupe sichtbar. Das Dentin besteht nämlich aus einer entweder homogenen, oder aus kleinen Kügelchen zusammengesetzten Grundsubstanz, in welcher höchst zahlreiche, sehr feine (über 1 mm breite) Kanälchen, die Dentinkanäle, eingebettet sind. Von diesen rührt die wellige, stets (auch bis zur Spitze) radial laufende Streifung her. b. Breitere, mit freiem Auge wahrnehmbare, gegen die Zahnspitze konvergirende, teils weisse, teils gelbliche oder rötliche Streifen, die von den Zuwachskegeln des Dentins herrühren und daher als Zuwachszonen zu bezeichnen sind. In besonders starker Entwicklung erscheinen sie am Querschnitt als Ringe, welche zur Bezeichnung des geringelten Elfenbeins Anlass gegeben haben. c. Sehr zarte, mit den vorigen parallel laufende, die Dentinkanäle senkrecht kreuzende Linien werden von den sogen. Interglobularräumen verursacht. Es wurde oben gesagt, dass die Grundsubstanz des Dentins aus homogener Masse oder aus Kügelchen (Globuli) besteht; in jedem Falle, besonders aber in dem zweiten Falle, bleiben kleine, unregelmässige Räume frei (was bei der Globularstruktur selbstverständlich ist), welche Interglobularräume heissen und die im Stosszahn schichtenweise dichter gelagert sind, daher dem freien Auge in ihrer Gesamtheit als zarte Linien, Konturlinien genannt, imponiren. d. Endlich sieht man noch parallel mit der Oberfläche verlaufende, ziemlich breite Bänder, die als Schreger'sche Linien schon lange bekannt sind. Dieselben bilden am Querschnitte die für echtes Elfenbein so charakteristischen rhombischen Netzmaschen, deren längere Axe tangential liegt. Die Erklärung derselben ist nach v. Höhnel folgende: Die Dentinkanäle haben einen sehr regelmässig-welligen Verlauf. Fällt das Licht senkrecht auf die Dentinkanäle, so erscheint jede Welle zur Hälfte hell und zur Hälfte dunkel. Da nun die auf einander folgenden Kanälchen mit einander parallel laufen, so entstehen abwechselnd hellere und dunklere Streifen von einer Breite gleich einer halben Wellenlänge, welche Streifen natürlich auf den Dentinkanälchen senkrecht stehen. An entsprechenden Querschliffen sieht man, dass die Kuppen der Wellenberge ganz so wie die Schreger'schen Linien verlaufen. Dabei sind die Wellenlängen periodisch grösser und kleiner, wodurch die rhombischen Maschen entstehen [5].

Afrikanisches Elfenbein ist etwas härter als Steinsalz, höchst elastisch, weiss, wird mit der Zeit gelb (dunkelt nach), lässt sich nach allen Richtungen

gleich leicht bearbeiten (auch färben), nimmt eine schöne, dauerhafte Politur an, es ist weniger spröde als Knochen, beim Austrocknen leicht dem Werfen, Verziehen und Reissen ausgesetzt. Gelb gewordenes lässt sich bleichen. Das indische Elfenbein besitzt dieselben Eigenschaften, nur ist es etwas feiner und zäher; die Stosszähne des indischen Elefanten (von Bengalen, Assam, Birma, Malakka, Sumatra) sind auch kleiner als die des afrikanischen. Elfenbein wird zu den verschiedensten Gegenständen verarbeitet. Die vier Hauptobjekte sind: Billardkugeln, Messergriffe (in Sheffield jährlich 200000 kg), Kämme und Klaviertasten; ferner werden Papiermesser, Broschen, Ringe (für Kinder), Stockgriffe, Fächer, Buch- und Bürstendeckel, unzählige Kunstgegenstände daraus verfertigt. Zentren der Elfenbeinverarbeitung sind ausser Sheffield noch Wien, Dieppe, Nürnberg und Fürth, Geislingen bei Ulm, das bayerische Hochland, Leipzig. Chinesen und Japaner haben eine besondere Eignung zu künstlerisch ausgeführter Kleinarbeit in Elfenbein. Geraspeltes Elfenbein (Abfall) dient als Streusand, feingemahlenes als Füllmaterial und zur Darstellung künstlicher Bälle. Die Elfenbein-Billardbälle werden meist aus kleinen Zähnen (vom weiblichen Elefanten) hergestellt; die vorgeschnittenen Ballstücke müssen wenigstens drei Monate lagern, damit sie gehörig austrocknen [2]. Das Mammut-Elfenbein, vom Mündungsgebiet der Lena in Sibirien, entweder im Eise, oder im Gerölle, im Boden und in Höhlen gesammelt, stammt von grösseren, 3—3,5 m langen, und von kleineren, höchstens 2 m langen Zähnen, die kreisförmig und spiralig nach aussen gebogen sind, an der Basis etwa 30 cm messen und gegen die Spitze sich stark verdünnen. Gewicht des Zahnes bis über 250 kg, zumeist von 60—75 kg. Die aussen unsichtbaren Rundrisse (tangentiale Spalten) beeinträchtigen den Wert dieser Ware ausserordentlich; unter 100 Zähnen sind oft nur 30 Zähne brauchbar. Es ist härter und spröder als echtes Elfenbein und hat im allgemeinen denselben Bau. Die Zementschicht enthält zahlreiche Havers'sche Kanälchen (20—25 μ, s. Knochen), während echtes Elfenbein dieselben nur in sehr spärlicher Menge besitzt. (Bezüglich des feineren Baues dieses und der folgenden Elfenbeinarten s. insbesondere [5].) Das Nilpferd-Elfenbein (Hippopotam) ist ausgezeichnet weiss und hart (besonders das von den unteren Eckzähnen stammende). Die Härte ist nur wenig geringer als die des Kalkspates. Die Linienstreifung ist bei weitem feiner und daher viel weniger auffallend. Das Walross-Elfenbein stammt von den schwach gekrümmten und stark flachgepressten, bis 1 m langen, 3—6 kg schweren, stark ausgehöhlten, mit „Maser" versehenen Hauern des Walrosses. Der Maser oder Kern ist Osteodentin und bildet die Hauptmasse des Zahnes. Vom Alaska-Territorium (Nordamerika) werden jährlich 50000 kg Walrosszähne in den Handel gebracht. Das Narwal-Elfenbein ist der 2—3 m lange, bis 12 cm dicke, vollkommen gerade, an der Oberfläche spiralig (nach rechts) gedrehte Vorderzahn des Narwals, äusserst selten ist auch der zweite Vorderzahn entwickelt. Die Spitze ist scharf, ohne Schmelzkappe. Der Zahn besteht aus Dentin mit Zementrinde, Osteodentin fehlt. Der Wert dieser Elfenbeinsorte ist sehr gering. Ebenso wenig geschätzt ist das Pottwal-Elfenbein, das von den Unterkieferzähnen herrührt und im Innern dunkel gefärbt ist. Nachahmungen des Elfenbeins (imitirtes Elfenbein) geschehen mit Celluloid (s. d.), Thonerdeleim u. a. m. [2]. Sie bilden mit dem vegetabilischen Elfenbein die Elfenbeinsurrogate.

Litteratur: Allgemeines: [1] Owen, Odontography, London 1840. — Ueber Warenkunde und Technologie des Elfenbeins: [2] Eduard Hanausek, Die Technologie der Drechslerkunst, Wien 1884. — Ueber Handels- und geographische Verhältnisse: [3] W. Westendarp, Mitteil. der geograph. Gesellschaft in Hamburg, 1878—1879, S. 201 und 213. — Ueber Mikroskopie: [4] Fritz Obermeyer, Jahresbericht der Wiener Handelsakademie 1881 (mit guten Abbildungen). — [5] F. v. Höhnel, Beitrag zur Kenntnis der technisch verwendeten Elfenbeinarten, Zeitschr. für Nahrungsmittel-Untersuchung, Hygiene und Warenkunde 1892, S. 141—144, 183—188, 205—211 (die ausführlichste, mit vielen Litteraturangaben versehene Arbeit). — [6] Spengler, Ueber die Eigenschaften des Elfenbeins, Dinglers Polyt. Journal, Bd. 46, S. 276. *T. F. Hanausek.*

Elfenbein (vegetabilisches) wird das steinharte Nährgewebe der Samen mehrerer Phytelephas-Arten (Phytelephas macrocarpa, P. microcarpa *R. et Pav.*) genannt [1], [6]. Die Samen kommen als Steinnüsse, Tagua-, Elfenbein-, Corozza- oder Coruscoñüsse von Südamerika in den Handel. Die Elfenbeinpalme (Palma

di marfil, Pullipunta), im Gebiete des Magdalenenflusses einheimisch, besitzt eine kopfgrosse Frucht mit 6—9 Samen. Nach ihrer Provenienz unterscheidet man im Handel folgende Samensorten: Marcellino, Panama, Tumaco (sehr geschätzt), Palmyra, Carthagena, Guajaquil, Esmeralda, Colon, Amazonas, Savanilla (verschieden gross).

Im allgemeinen sind die Steinnüsse unregelmässig eiförmig, häufig einem Kugelausschnitt gleichend; die steinharte, sehr spröde, lehmfarbige, an abgeriebenen Stellen schwarze Samenschale (über deren Bau s. [1]) umschliesst den an der Oberfläche bräunlichen, innen bläulich- oder gelblichweissen Kern, der zum weitaus grössten Teil das Nährgewebe (Endosperm) des kleinen kegelförmigen Keimes darstellt. Es besteht aus prismatischen, in ihren Konturen verschmolzenen Zellen, deren Wände aus Reserve-Cellulose bestehen, enorm verdickt sind und ein Lumen freilassen, von welchem nicht sehr zahlreiche Porenkanäle mit verbreiterten Endteilen ausgehen [1], [2], [3], [6], [7].

Beim Trocknen entstehen sehr häufig im Innern Risse, die den technischen Wert sehr beeinträchtigen; zur Verarbeitung empfehlen sich daher hauptsächlich die kleinsamigen Sorten. Vegetabilisches Elfenbein lässt sich schwer mit dem Messer schneiden, im trockenen Zustande aber sehr leicht auf der Drehbank bearbeiten, erweicht in warmem Wasser etwas und nimmt Farbstoffe gut auf [4], [5]. Es bildet ein Hauptmaterial zur Erzeugung von Knöpfen; zur Nachahmung kleiner Elfenbeinwaren, gefärbt zu künstlichen Korallen, Türkisen wird es auch mitunter benützt. Die Abfälle dienen als Futtermittel, als Fälschungsmittel der Gewürze, des Kaffees etc. In neuerer Zeit werden als Ersatzmittel der Steinnüsse die sogen. Tahiti-, Fidschi- oder Vitinüsse, die Samen einer nicht näher bekannten Schuppennüsserpalme (Sagus amicarum *Wendel*, Coelococcus Carolinensis *Dingl.*; Coelococcus Vitiensis *Wendland*) von den Gesellschaftsinseln (und Carolinen?) verwendet [8], [9], [12].

Die Tahitinuss hat Form und Grösse eines Apfels, besitzt meridianal laufende Wülste, an der Basis eine weit ins Innere reichende Vertiefung, eine dunkelrotbraune Oberfläche und ein beinhartes, gelblichweisses Nährgewebe, das sich mit dem Messer leichter schneiden lässt. Der mikroskopische Bau ist der gleiche wie bei der Steinnuss, nur sind die Zellkonturen deutlich sichtbar, die Grösse der Zellen (im Querschnitt) und der Lumina geringer als bei Phytelephas, ferner ist in jeder Zelle ein rhomboëderähnlicher (aber monokliner) Calciumoxalatkristall enthalten. Trockenrisse kommen nicht vor [8]—[10].

Auch andere Palmensamen, z. B. von Raphia und Hyphaene thebaica (aegypt. Dumpalme [4], sowie das Endocarp (Steinschale) von Attalea (Coquilla, kleine Cocosnuss) können in ähnlicher Weise verwendet werden.

Litteratur: [1] Wiesner, Rohstoffe d. Pflanzenreichs, Leipzig 1873, S. 791. — [2] J. Moeller, Mitt. des technol. Gew.-Museums 1880, Nr. 6. — [3] Idem, Mikroskopie der Nahrungs- und Genussmittel 1886, Berlin, S. 299. — [4] Idem, Die Rohstoffe des Tischler- und Drechslergewerbes, Kassel 1884, II, S. 41. — [5] Eduard Hanausek, Technologie der Drechslerkunst, Wien 1884, S. 230. — [6] T. F. Hanausek, in Realencyklopädie der ges. Pharmacie, Wien 1890, IX, S. 440. — [7] Idem, Lehrbuch der Materialienkunde, Wien 1891, II, S. 137. — [8] Idem, Zeitschr. d. allg. österr. Apotheker-Ver. 1880, Nr. 23. — [9] Idem, Realencyklopädie der ges. Pharmacie, IX, S. 590. — [10] Idem, Zeitschr. für Nahrungsmittel-Untersuchung, Hyg. und Warenkunde, Wien 1893, S. 197. — [11] H. Molisch, Die Kieselzelle in der Steinschale der Steinnuss, Zentralorgan f. Warenkunde u. Technologie, Stuttgart 1891, S. 103. — [12] Dingler, Bot. Zentralbl. 1887, XXXII, S. 347. *T. F. Hanausek.*

Elfenbeinkartenpapier, Bezeichnung für die vorzüglichste Sorte der sog. Naturkartonpapiere, welche aus surrogatfaserfreien, mattgefärbten Papierbogen durch Aufeinanderkleben hergestellt wird. Dasselbe steht bei der Miniaturmalerei in Anwendung. S. Pappefabrikation.

Elfenbeinmasse, nach sehr verschiedenen Rezepten aus Gips oder anderen mineralischen Substanzen und einem Bindemittel hergestellte elfenbeinähnliche Masse. Gipsabgüssen aus gebranntem, reinem Marienglas gibt man ein elfenbeinähnliches Aussehen, wenn man sie mit schwach gelblich gefärbtem Paraffin oder Stearin durchtränkt.

Elfenbeinporzellan, in Ton und Glanz altem Elfenbein ähnliches unglasirtes Porzellan, das ausschliesslich zur Herstellung von Statuetten, Ziergegenständen etc. verwendet wird. Zuerst von der kgl. Porzellanmanufaktur in Worcester fabrizirt.

Elfenbeinschwarz, s. Beinschwarz.

Elfenbeinsurrogate. Im weiteren Sinne des Wortes müssen auch alle jene Zahnarten, die nicht vom Elefanten stammen, aber die gleiche Verwendung

zulassen, als Elfenbeinsurrogate bezeichnet werden; s. Elfenbein, animalisches und vegetabilisches.

Elferprobe, s. Rechenproben.

Elgersburger Steingut (Emilian), s. Thonwaren.

Elimination, Ausscheidung von Grössen (Parametern) aus Gleichungen. Wenn in n Gleichungen $n-1$ Parameter (d. h. zu eliminirende Grössen) vorkommen, so kann man aus denselben eine einzige Gleichung herleiten, welche keinen der Parameter enthält. Die betreffende Operation heisst Elimination und die linke Seite der entstehenden Gleichung, nachdem dieselbe auf Null gebracht ist, wird als Resultante bezeichnet. *Wölffing.*

Elisabethstil, die in England zur Zeit der Königin Elisabeth gebräuchlich gewesene Bauweise, ca. 1530—1600. Dieser Stil charakterisirt sich durch ein Vermischen der gotischen Bauweise mit den Formen der Renaissance, ein Vorgang, der sich in ähnlicher Weise namentlich in Deutschland (die sogen. deutsche Renaissance), Holland und Dänemark vollzog, dennoch aber überall in anderen Erscheinungsformen sich äusserte.

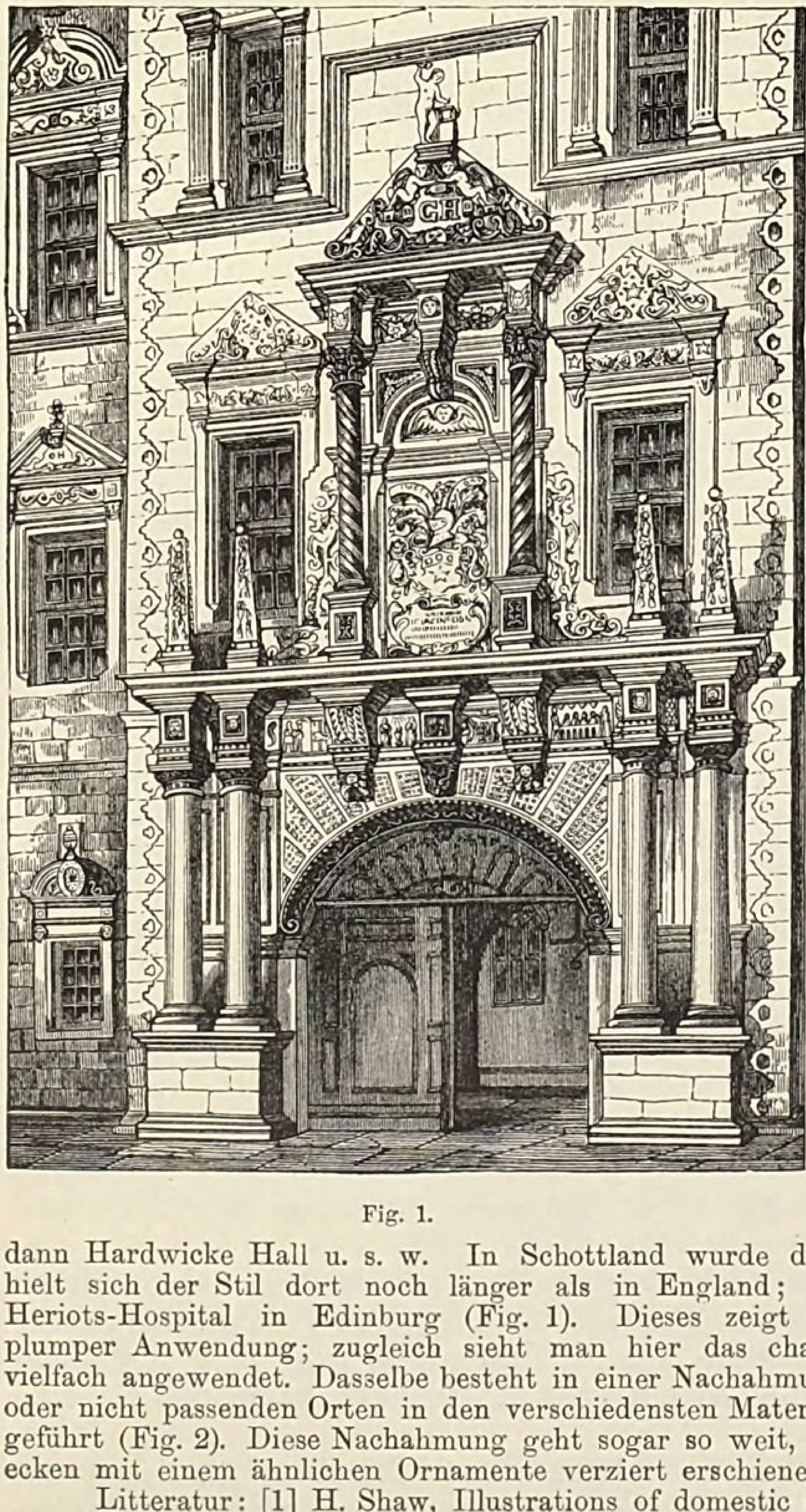


Fig. 1.

Das konservative England hielt zähe an den mittelalterlichen Ueberlieferungen fest und entschloss sich nur zögernd, den Renaissancestil anzuerkennen; dabei fand in der ersten Zeit eine so naive Zusammenstellung der beiden Stilarten statt, dass manches recht wunderliche Werk entstand. Zur Zeit der Königin Elisabeth wurden in England keine hervorragenden Kirchenbauten ausgeführt, so dass der nach ihr benannte Stil sich wesentlich auf den Profanbau bezieht. Von bedeutenderen Landsitzen des begüterten Adels wäre namentlich Burleigh House zu nennen [1], das eine mächtige Ausdehnung mit vielen Turmbauten und insbesondere einen bemerkenswerten Glockenturm besass; ferner Longford Castle, das in Form eines Dreieckes angelegt erschien; dann Hardwicke Hall u. s. w. In Schottland wurde damals in gleicher Weise gebaut und hielt sich der Stil dort noch länger als in England; zu erwähnen wäre insbesondere das Heriots-Hospital in Edinburg (Fig. 1). Dieses zeigt die antiken Formen in derber und plumper Anwendung; zugleich sieht man hier das charakteristische Ornament dieses Stiles vielfach angewendet. Dasselbe besteht in einer Nachahmung eiserner Beschläge [2] an passenden oder nicht passenden Orten in den verschiedensten Materialien und häufigster Anwendung ausgeführt (Fig. 2). Diese Nachahmung geht sogar so weit, dass zuweilen die vortretenden Mauerecken mit einem ähnlichen Ornamente verziert erschienen [3].



Fig. 2.

Litteratur: [1] H. Shaw, Illustrations of domestic architecture during the reign of Queen Elisabeth, London 1858. — [2] Ders., Details of Elisabethan architecture, London 1839. — [3] J. Nash, The mansions of England in the olden time, 4 Vols., London 1871. *v. Schubert.*

Ellbogengrundwerk nennt man diejenige Gattung des in der Papierfabrikation und zwar bei der Zerfaserung der Hadern im Holländer verwendeten sogen. Grundwerkes, dessen Messerschienen nicht gerade, sondern in der Mitte in einem Winkel von etwa 170° gebrochen sind. S. Papierfabrikation.

Elle, ehemaliges Längenmass, in Preussen $25\frac{1}{2}$ Zoll oder $2\frac{1}{8}$ Fuss = 66,69 cm (rund $\frac{2}{3}$ m); in Sachsen 24 Zoll oder 2 Fuss = 56,64 cm; in Bayern 2 Fuss $10\frac{1}{4}$ Zoll = 83,30 cm; in Württemberg 2,144 Fuss = 61,42 cm; in Hannover 2 Fuss = 58,42 cm; in Baden, Hessen-Darmstadt und in der Schweiz = 60 cm; in Hamburg und Mecklenburg = 57,31 cm; in Frankfurt a. M. = 54,73 cm; in Oesterreich = 77,92 cm; in Dänemark 62,77 cm; in Norwegen = 62,75; in Schweden = 59,38 cm. Die Brabanter Elle in Brüssel = 69,5 cm, in Aachen = 68,02 cm, in Bremen = 69,44 cm, in Leipzig = 68,5 cm, in Frankfurt a. M. = 69,92 cm.

Ellipse, s. Kegelschnitte.

Ellipsenzirkel oder Ellipsograph ist ein Instrument, durch welches Ellipsen mechanisch gezeichnet werden. Viele Ellipsenzirkel, die nur in ihrer praktischen Gestaltung verschieden sind, beruhen auf dem alten, schon von Proclus (410—485 n. Chr.) [1] mitgeteilten Bewegungsvorgang, dass ein Punkt E (Fig. 1) einer Geraden eine Ellipse ε beschreibt, wenn zwei Punkte A, B dieser Geraden sich bezw. auf den senkrechten Geraden α, β bewegen (s. Cardanische Kreise).

Es ist dann der Schnittpunkt M dieser beiden Geraden α, β der Mittelpunkt der Ellipse ε, und es sind $MA_0 = BE$, $MB_0 = AE$ die Halbaxen derselben. — Fällen wir von dem beschreibenden Punkt E auf die Geraden α, β die Senkrechten $EX = y$, $EY = x$ und setzen die Längen der Halbaxen $BE = a$, $AE = b$, so ist wegen der ähnlichen Dreiecke $MAB \sim XAE \sim YEB$, $\frac{MA}{AB} = \frac{x}{a}$, $\frac{MB}{AB} = \frac{y}{b}$, und folglich ergibt sich, weil $\overline{MA}^2 + \overline{MB}^2 = \overline{AB}^2$ ist, in rechtwinkeligen Koordinaten x, y die Gleichung der von dem Punkte E beschriebenen Ellipse: $\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1$.

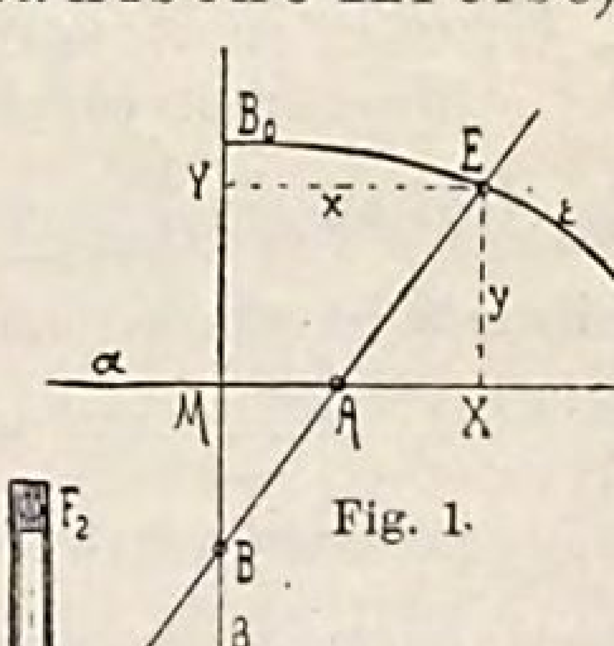


Fig. 1.

Bei der von B. Bramer [2] zuerst mitgeteilten und am meisten vorkommenden praktischen Ausführung in der schematischen Fig. 2 ist ein mit Schlitzen versehenes Kreuz, welches auf vier an seinen Enden befindlichen Füssen F_1, F_2, F_3, F_4 über der Zeichnungsebene ruht, angewendet. In den Schlitzen bewegen sich Schlitten, welche in den Punkten AB Axen tragen. Auf diesen Axen befinden sich unterhalb des Kreuzes drehbare Hülsen, durch welche ein verschiebbarer Stab geht und die vermittelst je einer Druckschraube auf diesem Stab festgestellt werden können. Dieser Stab trägt bei E eine in gleicher Weise feststellbare Hülse mit einem Schreibstift und ist mit einer Millimeterteilung versehen, um den Ellipsenzirkel auf bestimmte Strecken, die den Ellipsenaxen entsprechen, einzustellen. Der Schreibstift E an dem unterhalb des Kreuzes beweglichen Stabe beschreibt eine der Einstellung entsprechende, vollständige Ellipse. Ellipsenzirkel dieser Art, die in vielen Einzelheiten vervollkommt sind, werden von C. Riefler in München-Nesselwang sorgfältig ausgeführt.

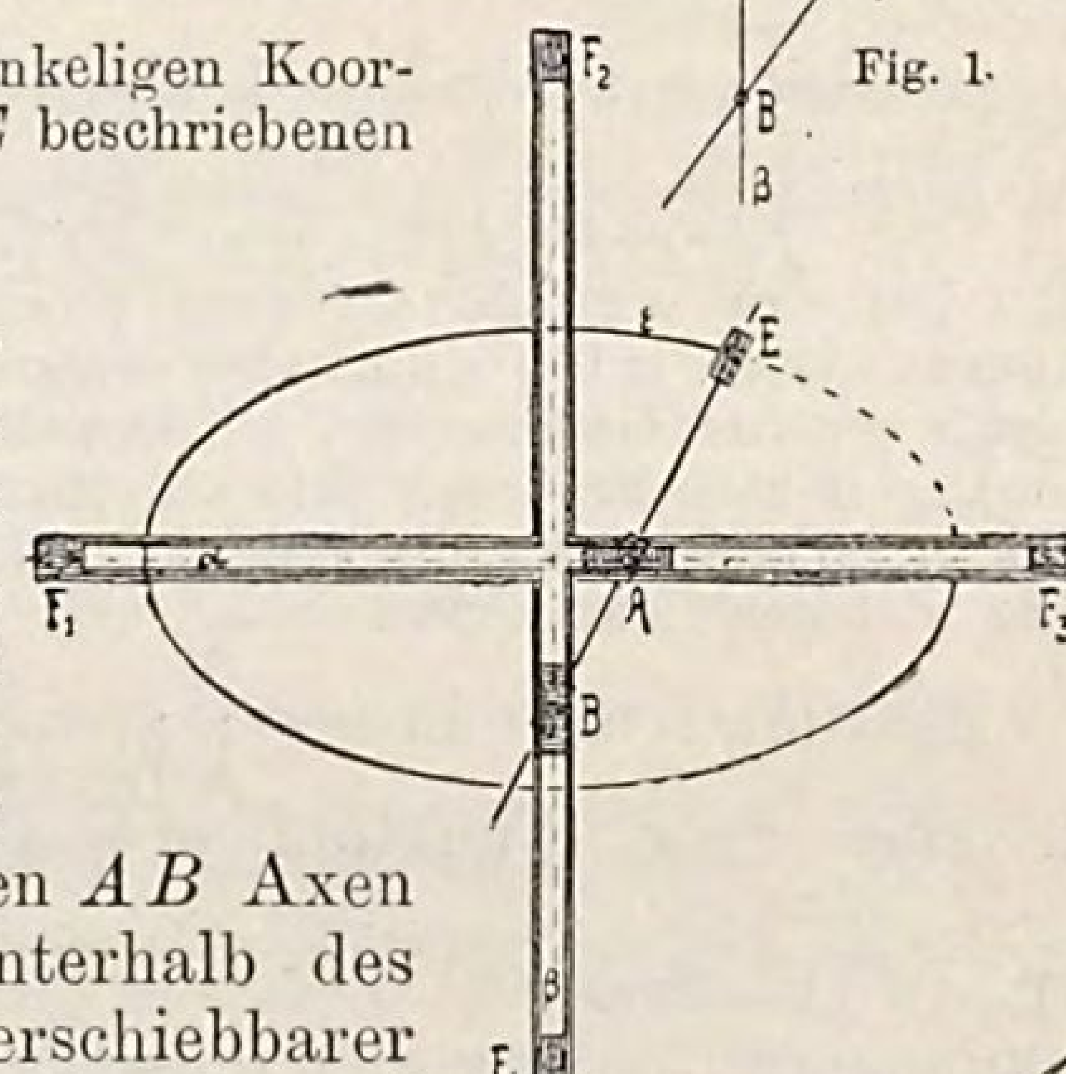


Fig. 2.

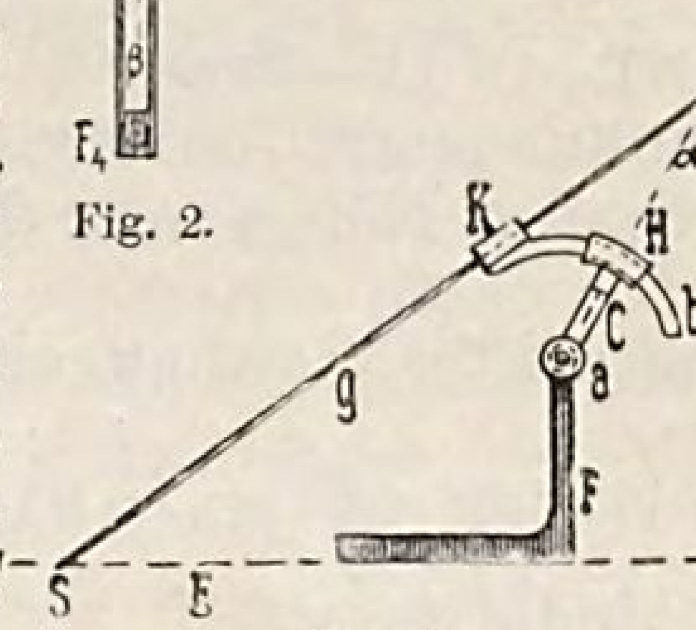


Fig. 3.

Auf dem Bewegungsvorgang, dass eine Gerade g (Fig. 3), welche sich um eine feste Axe α dreht, eine Rotationskegelfläche und in einer Ebene E eine Ellipse, Hyperbel oder Parabel beschreibt, beruht ein von Barocius (1586) [3] zuerst ausgeführter Ellipsenzirkel. Derselbe ist nach der Ausführung von O. Günther in Braunschweig in Fig. 3 schematisch dargestellt. An dem auf der Zeichnungsebene E festgestellten Fuss F befindet sich ein Cylinder C, der um eine Axe a drehbar vermittelst einer Schraube bei a gegen den Fuss unter verschiedenen Winkeln festgeschraubt werden kann. Auf diesen Cylinder ist eine bogenförmige Hülse H um die Cylinderaxe α drehbar, und ein verschiebbarer Bogen b ist in dieser Hülse vermittelst einer Schraube feststellbar. Der Bogen b ist mit einer Hülse k versehen, in welcher der Stab g gleitet und dessen Schreibstift s bei entsprechender Einstellung eine Ellipse in der Zeichnungsebene E beschreibt.

Werden in einem Kreise die auf einem Durchmesser senkrechten Ordinaten in gleichem Verhältnis geteilt, so bilden die Teilpunkte eine Ellipse, deren grosse Axe dieser Durchmesser ist. Nach dieser geometrischen Beziehung hat W. Lehner einen im Prinzip neuen Ellipsenzirkel ausgeführt [4]. A. v. Braunmühl [5] hat in einer Abhandlung die ältesten Ellipsenzirkel mitgeteilt, und T. Rittershaus [6] hat in einer Abhandlung die mannigfaltigen Ausführungen der Ellipsenzirkel dargelegt.

Litteratur: [1] Procli Diadochi in primum Euclidis elementorum librum Commentarii, Ed. Friedlein, Leipzig 1873, S. 106. — [2] A. v. Braunmühl, Zeitschrift für Math. u. Physik, historisch-litterarische Abteilung, 1890, Bd. 35, S. 161. — [3] Daselbst. — [4] Katalog mathem. und mathematisch-physikalischer Modelle, Apparate und Instrumente, Nachtrag von W. Dyck. S. 47, München 1893. — [5] In diesem Katalog, S. 54, München 1892. — [6] Verhandlungen des Vereins zur Beförderung des Gewerbfleisses in Preussen, 1874, Jahrg. 53, S. 272. *Burmester.*

Ellipsograph, s. Ellipsenzirkel.

Ellipsoid, s. Flächen II. Grades und Erde.

Elliptische Integrale und Funktionen. Kommt in einem Integral unter dem Integralzeichen eine Quadratwurzel aus einem Ausdruck 3. oder 4. Grades in x vor, so wird dasselbe als ein elliptisches Integral bezeichnet.

Man unterscheidet hierbei 3 Gattungen: a. Das elliptische Integral erster Gattung hat die Normalform $\int \frac{dx}{\sqrt{(1-x^2)(1-k^2x^2)}}$ oder mit $x = \sin\varphi$: $\int \frac{d\varphi}{\sqrt{1-k^2\sin^2\varphi}} = F(\varphi)$; es wird für keinen Wert von x unendlich. b. Das elliptische Integral zweiter Gattung hat die Normalform: $\int \frac{x^2\,dx}{\sqrt{(1-x^2)(1-k^2x^2)}}$ oder mit $x = \sin\varphi$: $\int \sqrt{1-k^2\sin^2\varphi}\,d\varphi = E_1(\varphi)$; es wird nur für einen Wert von x (nämlich $x = \infty$) algebraisch unendlich. c. Das elliptische Integral dritter Gattung hat die Normalform $\int \frac{dx}{(x^2-h^2)\sqrt{(1-x^2)(1-k^2x^2)}}$ oder mit $x = \sin\varphi$: $\int \frac{d\varphi}{(1+n\sin^2\varphi)\sqrt{1-k^2\sin^2\varphi}}$ $= \Pi, (\varphi, n)$. Es wird für die zwei Werte $x = \pm h$ logarithmisch unendlich. Auf diese drei Gattungen kann jedes elliptische Integral zurückgeführt werden. Uebrigens lassen sich die Integrale zweiter Gattung auf Differentialquotienten der Integrale dritter Gattung nach dem Parameter n zurückführen. Die elliptischen Integrale sind doppelt unendlich vieldeutig. Auf sie führen manche bekannte Aufgaben: das ebene und sphärische Pendel, die Rektifikation der Ellipse und der Lemniskate.

Bestimmt man in $u = \int_0^\varphi \frac{d\varphi}{\sqrt{1-k^2\sin^2\varphi}}$ φ als Funktion von u, so bekommt man eine neue Funktion $\varphi = \operatorname{am} u$ (Amplitude u); daher folgt aus $u = \int_0^x \frac{dx}{\sqrt{(1-x^2)(1-k^2x^2)}}$ $x = \sin\varphi = \sin\operatorname{am} u$ (Sinus amplitude u). Diese und die Funktionen $\sqrt{1-x^2} = \cos\operatorname{am} u$ und $\sqrt{1-k^2x^2} = \Delta\operatorname{am} u$ heissen elliptische Funktionen. Indem man dieselben als Argumente in die elliptischen Integrale zweiter und dritter Gattung einführt, erhält man die elliptischen Transcendenten $\int_0^\varphi \Delta\varphi\,d\varphi$ $= \int_0^u \Delta^2\operatorname{am} u\,du = E(u)$ und $\Pi(u, a) = \int_0^u \frac{k^2\sin\operatorname{am} a\cos\operatorname{am} a\,\Delta\operatorname{am} a\sin^2\operatorname{am} u\,du}{1-k^2\sin^2\operatorname{am} a\sin^2\operatorname{am} u}$, wo a Modul heisst.

Mittelst der Formel: $\Pi(u, a) = \Pi(a, u) + u\,E(a) - a\,E(u)$ kann man die Transcendente dritter Gattung auf eine andere solche zurückführen, in welcher Argument und Modul vertauscht sind. Additionstheorem der elliptischen Funktionen:

$$\sin\operatorname{am}(u+v) = \frac{\sin\operatorname{am} u\cos\operatorname{am} v\,\Delta\operatorname{am} v + \sin\operatorname{am} v\cos\operatorname{am} u\,\Delta\operatorname{am} u}{\sqrt{1-k^2\sin^2\operatorname{am} u\sin^2\operatorname{am} v}}.$$

Die elliptischen Funktionen sind doppeltperiodisch, z. B. hat $\sin\operatorname{am} u$ die zwei Perioden

$$4K = 4\int_0^1 \frac{dx}{\sqrt{(1-x^2)(1-k^2x^2)}} \quad \text{und} \quad 4iK' = 4i\int_0^1 \frac{dx}{\sqrt{(1-x^2)(1-(1-k^2)x^2)}}.$$

Die elliptischen Funktionen können in Reihen und unendliche Produkte entwickelt oder als Quotienten von Thetafunktionen oder auch von Sigmafunktionen dargestellt werden. Sie werden als Modulfunktionen bezeichnet, wenn auch der Parameter als veränderlich angesehen wird. Die elliptischen Funktionen finden in der Algebra (Auflösung der Gleichungen 5. Grads), Zahlentheorie und analytischen Geometrie (Parameterdarstellung der Kurven 3. Ordnung) Verwendung.

Litteratur: Von den angeführten Werken eignet sich [1] zur ersten Einführung; zum Studium ist [4] am meisten zu empfehlen, [3] und [4] benützen funktionentheoretische Hilfsmittel, ohne dieselben jedoch als bekannt vorauszusetzen; [5] geht namentlich auf die Transcendenten

zweiter und dritter Gattung ein, während [6] die Modulfunktionen behandelt. In [7]—[9] finden sich Tafeln zur Berechnung der elliptischen Integrale und Funktionen. — [1] Bobek, K., Einleitung in die Theorie der elliptischen Funktionen, Leipzig 1884. — [2] Durège, Theorie der elliptischen Funktionen, 4. Aufl., Leipzig 1887. — [3] Königsberger, L., Vorlesungen über die Theorie der elliptischen Funktionen I u. II, Leipzig 1874. — [4] Briot et Bouquet, Théorie des fonctions elliptiques, Paris 1875. — [5] Krause, M., Theorie der doppelperiodischen Funktionen einer Veränderlichen, I, Leipzig 1895. — [6] Klein, F., Vorlesungen über die Theorie der elliptischen Modulfunktionen, ausgearbeitet von R. Fricke, I und II, Leipzig 1891—93. — [7] Légendre, Traité des fonctions elliptiques et des intégrales Eulériennes, II vol., Paris 1826. — [8] Schmidt, J. G., System elliptischer Bogen zur Erleichterung der Integralrechnung, Berlin 1842. — [9] Houël, Recueil de formules et de tab. numériques, 3. éd., Paris 1889.
Wölffing.

Elliptische Polarisation, s. Zirkularpolarisation.

Elliptische Räder sind in der praktischen Anwendung Zahnräder von gleicher Zähnezahl mit elliptischem Teilriss, drehbar je um einen Brennpunkt der Ellipse, so dass der grösste Radius des einen mit dem kleinsten Radius des andern und umgekehrt zusammentrifft (s. unten Fig. 1). Sie geben während jeder Umdrehung wechselndes Uebersetzungsverhältnis und bieten dadurch ein Mittel, beispielsweise dem Stahl einer Feilmaschine schnellen Rücklauf zu geben. Sind die Axen der Ellipse nur wenig verschieden, so wird man praktisch die gewöhnliche Stirnradverzahnung an Stelle der theoretisch richtigen, für jeden Zahn innerhalb eines Quadranten besonders zu entwerfenden Zahnform anwenden können. Um für beide Räder nur ein Modell zu brauchen, nehme man eine ungerade Zähnezahl, so dass die grosse Axe einerseits einen Zahn, andererseits eine Lücke durchschneidet.

Beispiel: Gegeben der grösste Radius $R = 300$, der kleinste $r = 200$ mm, die Entfernung des Kurbelzapfens für den Schlittenantrieb an der getriebenen Scheibe sei eingestellt auf $\varrho = 125$ mm von der Drehaxe in der Richtung der grossen Axe; minutliche Tourenzahl $n = 9$. Gesucht: die grosse Halbaxe der Ellipse $a = (R + r) : 2 = (300 + 200) : 2 = 250$. Die kleine Halbaxe $b = \sqrt{R \cdot r} = \sqrt{300 \cdot 200} = 245$. Die Räder werden also fast kreisrund aussehen. Exzentrizität der Nabe von der Radmitte $e = (R - r) : 2 = (300 - 200) : 2 = 50$. Axenentfernung $2a = R + r = 500$. Während das treibende Rad mit seinem grössten Radius wirkt, befindet sich der Schlitten mitten auf seiner Bahn beim schnellen Rücklauf. Er erreicht den Todpunkt, wenn sich das getriebene Rad um 90°, das treibende Rad um den kleineren Winkel α gedreht hat, und zwar ist $\operatorname{tg} \alpha = (a^2 - e^2) : 2ae = \frac{2R}{r} : \left(\frac{R^2}{r^2} - 1\right) = 2{,}4$ und $\alpha = 67^0\ 30'$. Die durchschnittliche Geschwindigkeit des Schlittens beim Vorlauf ist $c_v = 3n \cdot 2\varrho : (180 - \alpha) = 60$ mm/sec.; beim Rücklauf ist $c_r = 3n \cdot 2\varrho : \alpha = 100$ mm/sec. Das Geschwindigkeitsverhältnis ist $c_2 : c_v = (180 - \alpha) : \alpha = 5 : 3$. Die Geschwindigkeit in der Mitte des Rücklaufs verhält sich zur Geschwindigkeit in der Mitte des Vorlaufs wie $R^2 : r^2 = 300^2 : 200^2 = 1{,}5^2 = 2{,}25$.

Einen wesentlich andern Bewegungsvorgang erhält man, wenn man ein elliptisches, um seinen Mittelpunkt drehbares Rad durch ein kreisrundes, exzentrisch gelagertes Rad mit halb so viel Zähnen antreiben lässt. Das Ellipsenrad geht während einer Umdrehung zweimal schnell und zweimal langsam; der von ihm durch Kurbelstange bewegte Schlitten läuft während der schnellen Drehung durch die Todpunkte, während der langsamen Drehung durch die Bahnmitte, so dass seine Geschwindigkeit beim Vorlauf wie beim Rücklauf angenähert konstant ausfällt. Man benützt dieses Getriebe z. B. für Langlochbohrmaschinen zum Verschieben des Bohrers und bei Spulmaschinen zur Führung des Fadens.

Beispiel: Die grosse Halbaxe sei $a = 150$, die kleine $b = 120$ mm. Der Radius r des kreisrunden Rades ist so zu berechnen, dass sein Umfang $2\pi r$ halb so gross ist als der Umfang der Ellipse. Dieser ist:

$$u = \pi(a + b)\left[1 + \frac{1}{8}\left(\frac{a - b}{a + b}\right)^2\right]^2 = \pi(270)\left[1 + \frac{1}{8}\left(\frac{30}{270}\right)^2\right]^2 = \pi \cdot 270 \cdot 1{,}003 = 850 \text{ mm}$$

und $r = 0{,}5 \cdot 850 : 2\pi = 67{,}6$ mm. Der Axenabstand ist $A = a + (r - e) = b + (r + e)$, woraus zunächst die Exzentrizität des kreisrunden Rades $e = \frac{a - b}{2} = \frac{150 - 120}{2} = 15$ mm folgt und $A = 202{,}6$ mm. — Das Geschwindigkeitsverhältnis des Schlittens bei 0—30—60—90° Kurbelwinkel wäre bei gleichmässig rotierender Kurbel 0—0,50—0,866—1 und wird bei dem angegebenen Getriebe 0—0,83—1,025—1, was sich aus dem abzumessenden Verhältnis der jeweils zusammenarbeitenden Radien der Zahnräder berechnen lässt. *Lindner.*

Ist in Fig. 1 ein Gelenk-Antiparallelogramm gegeben, bei welchem die beiden gleichen Seiten ΦA, FL gleich a und die beiden gleichen Seiten ΦF, AL gleich b sind; dann wird, wenn wir die Seite ΦA als fest betrachten,

durch gleichförmige Umdrehung des einen Armes, z. B. ΦF ungleichförmige Umdrehung des andern Armes ΛL bewirkt. Die bewegte Seite FL schneidet die feste Seite $\Phi\Lambda$ in einem veränderlichen Punkt $\mathfrak{P}$. Wegen der symmetrisch kongruenten Dreiecke $\Phi\Lambda L$, $LF\Phi$ ist $F\mathfrak{P} = \Lambda\mathfrak{P}$, also $\Phi\mathfrak{P} + F\mathfrak{P} = \Phi\Lambda = a$, $\Lambda\mathfrak{P} + L\mathfrak{P} = FL = a$. Demnach ist der Ort des Punktes $\mathfrak{P}$ in Bezug auf den rotirenden Arm ΦF eine Ellipse π, deren Brennpunkt Φ, F sind, deren grosse Axe gleich a ist; ebenso ist der Ort des Punktes $\mathfrak{P}$ in Bezug auf den rotirenden Arm ΛL eine kongruente Ellipse p, deren Brennpunkte Λ, L sind, deren grosse Axe gleich a ist, und der Abstand der beiden Brennpunkte ist bei beiden Ellipsen gleich b. Denken wir uns die Seite ΦF mit der Ellipse π als fest und die Seite ΛL mit der Ellipse p bewegt, so rollt die bewegte Ellipse p auf der festen Ellipse π und es treten stets symmetrisch gelegene Punkte dieser kongruenten Ellipsen in Berührung (s. d. Art. Kinematik) [1]. Drehen sich also die beiden Seiten oder Arme ΦF, ΛL um die festen Axen Φ, Λ, so rollen die beiden bewegten Ellipsen auf einander. Werden nun diese Ellipsen π, p, welche sich resp. um die Axen in den Brennpunkt Φ und Λ drehen, durch elliptische Scheiben vertreten, die an ihrem elliptischen Rande mit in einander greifenden Zähnen versehen sind, dann erhalten wir zwei elliptische Räder, welche dieselbe Drehung wie die rotirenden Arme ΦF, ΛL des Antiparallelogramms vollziehen, und es kann demnach die Seite FL weggelassen werden. Durch gleichförmige Umdrehung des einen elliptischen Rades wird ungleichförmige Umdrehung des andern elliptischen Rades bewirkt [2]. Die elliptischen Räder werden bei dem Schubkurbelgetriebe (s. d.) zur Erzeugung eines angenähert gleichförmigen Kurbelschubes mit raschem Rückgange bei Hobelmaschinen angewendet [3]. — In Fig. 2 sind zwei kongruente elliptische Scheiben π, p gezeichnet, welche sich um die durch ihre Mittelpunkte Φ, Λ gehende feste Axe drehen. Bei jeder Umdrehung treten die Scheitel α, β der grossen und die Scheitel γ, δ der kleinen Ellipsenaxe resp. mit den Scheiteln a, b der kleinen und den Scheiteln c, d der grossen Ellipsenaxe in Berührung. Werden diese elliptischen Scheiben π, p mit in einander greifenden Zähnen versehen, dann erhalten wir zwei elliptische Räder, deren Axen Φ, Λ durch die Ellipsenmittelpunkte gehen. Die Ellipsen π, p rollen bei ihrer Umdrehung nicht genau auf einander; denn wenn man die Gleichung der beiden Ovale ableitet, die theoretisch genau auf einander rollen, so stimmen dieselben nur angenähert mit Ellipsen überein. Die Annäherung ist aber um so grösser, je kleiner die Differenz der Ellipsenaxen ist, und in der Praxis werden die theoretisch genauen Ovale deshalb durch jene Ellipsen π, p ersetzt. Diese elliptischen Räder werden angewendet, um durch gleichförmige Umdrehung des einen elliptischen Rades, welches eine ungleichförmige Umdrehung des andern bewirkt, mittelst eines Kreuzkurbelgetriebes (s. d.) resp. einer Kurbelschleife eine angenähert gleichförmige geradlinige Schwingung zu erzeugen [4]. Corout hat diese elliptischen Räder zur gleichförmigen Fadenleitung bei dem Aufwickeln auf Spulen [5] und Shanks bei einer Langloch-Bohrmaschine verwendet [6].

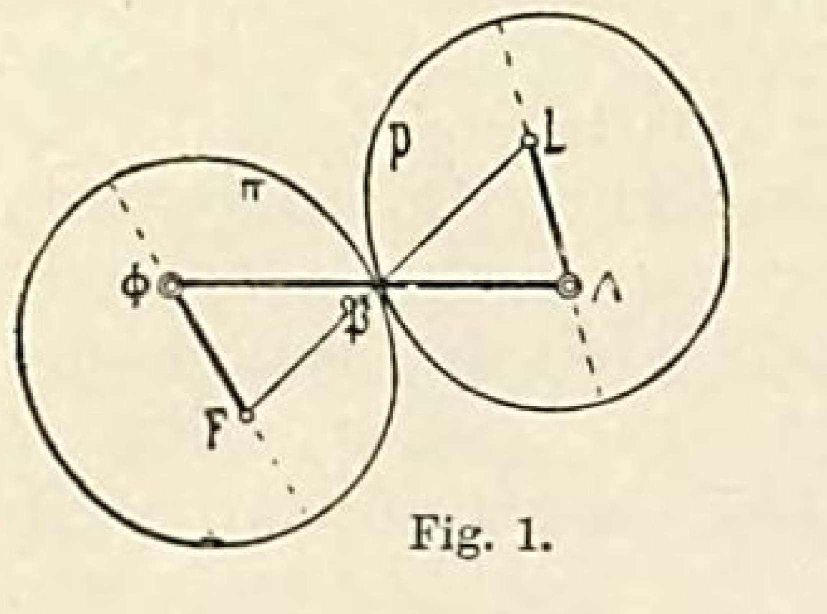


Fig. 1.

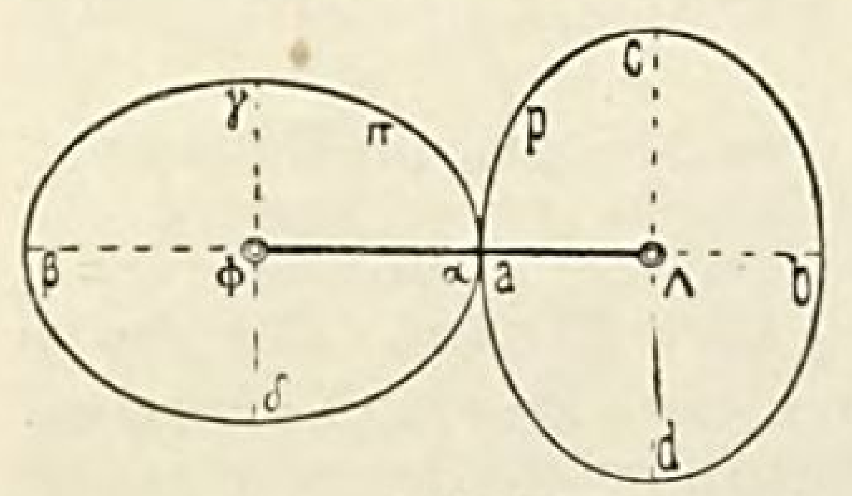


Fig. 2.

Litteratur: [1] Klügels, Mathematisches Wörterbuch, 1805, Bd. 2, S. 128. — J. Jopling, Mechanics magazine, 1830, Vol. XII, S. 329. — [2] L. Burmester, Lehrbuch der Kinematik, Leipzig 1888, Bd. 1, S. 303, 370, 533. — [3] Brunton, Brevet, 27. juin 1832, Description des machines 1834, T. 47, S. 282. — [4] L. Burmester, a. a. O., S. 529. — [5] Demme, Der praktische Maschinenbauer, 1841, Lief. 5, S. 157; Lief. 25, S. 413. — [6] Annales du Conservatoire des arts et métiers, 1862, T. 3, S. 748; auch Civilingenieur, 1863, Bd. 9, S. 276. *Burmester.*

Elmsfeuer, Elias-, Klaras-, Nikolas-, Hermes-, Hellenenfeuer, bei den Alten Castor und Pollux, nennt man eine Naturerscheinung, welche durch hohe elektrische Spannung der Erdoberfläche, infolge vielleicht der Einwirkung einer stark elektrischen Wolke, hervorgerufen wird und als eine Glimmentladung der Erdelektrizität aufzufassen ist, wie wir sie im kleinen beobachten, wenn wir

die Elektrizität eines elektrischen Leiters aus einer aufgesetzten Spitze ausströmen lassen.

Die Erscheinung besteht aus Flammen, die sich besonders auf hohen Spitzen, Kirchturm- und Giebelspitzen, den Masten der Schiffe und zumal auf Berggipfeln zeigen und bis $^1/_2$ m lang beobachtet wurden, nicht zünden und zum Teil von summendem Geräusch begleitet auftreten. Es sind auch Fälle verzeichnet, wo kleine Flämmchen in grosser Zahl gleichzeitig aus niedrigeren Punkten der Umgebung hervorleuchteten, und Kämtz berichtet sogar von dem Aufleuchten einer Grassteppe. — Die Alten hielten das Aufleuchten der Elmsfeuer an den Masten der Schiffe für den Vorboten guter Witterung, als eine Offenbarung von Castor und Pollux, den Schutzgöttern des Schiffers insbesondere. *Grossmann.*

Elongation. Bei oscillirenden Bewegungen nennt man den Abstand der Anfangslage von der Lage des stabilen Gleichgewichtes die Elongation. So ist beim einfachen Pendel z. B. der Winkel, welchen die Anfangslage des Pendelfadens mit der Vertikalen bildet, der Elongationswinkel des Pendels.

Elongation heisst in der Astronomie gewöhnlich der scheinbare Abstand (Bogen eines Grosskreises der Sphäre) eines Planeten von der Sonne.

Die „unteren" Planeten (deren Bahn von der Erdbahn umschlossen wird) können eine bestimmte (grösste) Elongation nicht überschreiten, die beim Merkur etwa $28^1/_2{}^0$ beträgt (weshalb dieser Planet so selten mit unbewaffnetem Auge in der Morgen- oder Abenddämmerung zu sehen ist), bei der Venus rund 48^0. Die oberen Planeten, deren Bahnen die Erdbahn umschliessen, kommen dagegen während eines ihrer Umläufe in alle scheinbaren Abstände zwischen 0^0 und 180^0 (recht- und rückläufig gemessen, oder zwischen 0^0 und 360^0 in einer Richtung gemessen) von der Sonne. Bei den Monden der Planeten (Mars, Jupiter, Saturn u. s. f.) versteht man entsprechend unter Elongation den Winkelabstand von ihrem Zentralkörper, von der Erde aus gesehen. Endlich wird das Wort oft auch noch synonym mit Digression gebraucht. *Hammer.*

Elsbeerholz, s. Nutzhölzer.

Elsners Grün, fälschlich auch giftfreies Grün, als Wasser- und Kalkfarbe verwendbar (in Oel dunkelt sie stark nach), nicht gegen das Licht, aber gegen Feuchtigkeit und schwefelhaltige Dünste sehr empfindlich, wird hergestellt, indem man eine Kupfervitriollösung mit einer Abkochung von Gelbholz, die 1 % Leim enthält, vermischt, mit Zinnsalz versetzt (10—127), mit Kali- oder Natronlauge ausfällt und mit Aetzlauge etwas nachbläut. Lässt man das Kupfersalz vorwalten, so zeigt der Niederschlag bläulichen, ist Gelbholzfarbstoff im Ueberschuss, mehr gelblichen Ton. *Andés.*

Elutionslauge ist ein Abfallprodukt bei der Zuckerindustrie, wenn dieselbe nach dem sogen. Elutionsverfahren (s. Zucker) arbeitet. Dieselbe enthält das Kali in verschiedener Form und zwar als kohlensaures Kali, salpetersaures Kali und an organische Säuren gebunden nach Märcker zusammen 2,36 % Kali, weshalb sie als Kalidüngemittel Verwendung findet.

Litteratur: Märcker, Die Kalidüngung, Berlin 1892. *Weitz.*

Elvan wird ein feinkristallines, granitisches Gestein genannt, welches viel Turmalin führt (Cornwall).

Elzas Dampfmotor, s. Kleindampfmaschinen.

Email, Emailglasuren. Email ist eine durchsichtige oder undurchsichtige, gefärbte oder ungefärbte Glasmasse (Bleisilikat), die man zum Ueberziehen von Metallen oder Thonwaren benützt. Sie dient teils lediglich als Verzierung teils wird sie angebracht, um die damit überzogenen Gegenstände gegen Witterungseinflüsse zu schützen oder um dieselben überhaupt haltbarer zu machen. Das Email muss bei dem Aufbrennen vollständig schmelzen, ohne in Fluss überzugehen und muss nach dem Erkalten fest auf dem Untergrunde haften. — Da das Metall, auf welches das Email aufgebracht wird, eine grössere Ausdehnung hat als das Email, so wird die eigentliche Emailschicht nicht direkt auf das Metall aufgegeben, sondern es kommen eine oder mehrere Zwischenschichten darunter, wodurch der verschiedenen Ausdehnung Rechnung getragen werden kann und das Abspringen der Glasur verhindert wird. Ueber die Zusammensetzung und Aufbringung der Emailglasuren s. unter Glasuren. *Dümmler.*

Emailfarben, Bezeichnung für Anstreichfarben, welche gleichzeitig Farbe und Glanz geben, also eines besonderen Lacküberzuges nicht bedürfen. Sie kommen als schnell trocknende (spirituöse) und langsam trocknende (fette) in den Handel, haben eine ausgezeichnete Anwendungsfähigkeit — in allen Gewerben, in der Industrie, dem Haushalt und sind ganz besonders geeignet als Wand-

anstriche in Bierbrauereien, Trinkhallen, grossen Arbeitsräumen, Spitälern u. s. w., — überhaupt überall dort, wo auf Undurchlässigkeit des Anstriches und auf leichtes und rasches Reinigen desselben Wert gelegt wird, da Sporen und Keimen der Boden entzogen werden soll, auf dem sie weiter leben. Sie werden in allen beliebigen Farbentönen geliefert und sind es namentlich die spirituösen Emailfarben — auch kurzweg Emails genannt, obwohl sie mit den wirklichen Emails nichts als die glatte Fläche und den Glanz gemein haben — welche wegen ihres sofortigen Trocknens, ihrer Geruchlosigkeit sofort nach dem Anstrich und Unempfindlichkeit gegen schwache Laugen und Säuren, gegen Terpentinöl, Benzin, Schmieröl u. s. w. besonders häufig angewendet werden. Langsam trocknende Emailfarben bestehen aus Harzlösungen (Dammar, Kopal, Harzsäureester mit Leinöl und Terpentinöl), mit beliebigen Farbkörpern zusammengerieben; spirituöse Emails aus besonders zusammengesetzten, äusserst elastischen und widerstandsfähigen Lösungen gewisser Harze in Alkohol und anderen Lösungsmitteln. Zu beiden Arten werden nur giftfreie Farben benützt. Desinfizirende Emails beruhen auf derselben Basis, erhalten jedoch einen gewissen Zusatz von Borsäure, Salicylsäure, Karbolsäure und anderen desinfizirenden Substanzen und werden besonders als Wandanstrich in Spitälern, Schlachthäusern etc. empfohlen.

Email, kaltes, s. Wasserglas. *Andés.*

Emailmalerei, die Verzierung von Gegenständen durch aufgeschmolzene farbige Glasflüsse, im engeren Sinne nur die Behandlnng von Metallgegenständen mit solchen Glasflüssen. Letztere werden fein zerstossen und als nasser Brei aufgetragen. Nach der Technik unterscheidet man: 1. Zellen- oder Kapselschmelz, s. Cloisonné-Email. 2. Gruben- oder Füllungsschmelz (émail champlevé). In das Metall (meist Bronze) werden für die verschiedenen Farben Gruben gravirt oder auch gepresst, zwischen welchen man Metallstege als Trennung stehen lässt. Sodann werden die farbigen Glasflüsse in die Gruben eingetragen und aufgeschmolzen. Hauptsitz dieser Technik Paris und Wien. 3. Limusiner oder Maleremail, das Auftragen von durchsichtigem oder opakem Email auf Kupfer. Diese Technik ist gegenwärtig von nur geringer Bedeutung, stand dagegen zu Ende des Mittelalters, besonders in Italien und Frankreich, in höchster Blüte. — Ueber Emailmalerei auf Thon s. Glasuren. Vergl. auch Email.

Litteratur: Bucher, Geschichte der technischen Künste, Stuttgart 1875, Bd. 1. — Hermann, Die Glas-, Porzellan- und Emailmalerei, Wien 1882. — Molinier, Dictionnaire des émailleurs, Paris 1884. — Garnier, Histoire de la verrerie et de l'émaillerie, Tours 1886.

Emailprozess, s. Photographie.

Emailweiss, s. Zinnweiss.

Emblem, ursprünglich dekorativ behandelte Werke der Kleinkunst, die abnehmbar waren und an andere Objekte angepasst erschienen, so z. B. eine reich verzierte innere Schüssel, die in eine einfache äussere eingelegt wurde. Heute versteht man darunter die sinnbildliche Darstellung von Begriffen durch eine Zusammenstellung von darauf Bezug habenden Gebrauchsobjekten im Gegensatz zur Allegorie (s. d.), der bildlichen Darstellung abstrakter Ideen. So wird z. B. die Malerei durch Pinsel und Palette, der Gesang durch eine Lyra, die Eisenbahn durch ein geflügeltes Rad, der Handel durch einen Stab mit geflügelten Schlangen (Caduceus), der Ackerbau durch den Pflug, die Sichel oder die Sense sinnbildlich dargestellt. Auf diese Weise können einzelne Werkzeuge, Geräte, Instrumente etc. an passender Stelle angebracht oder mehrere dieser Objekte zu einem künstlerisch geordneten Ganzen zusammengestellt werden [1], [2].

Litteratur: [1] Franz Sales Meyer, Handbuch der Ornamentik, Leipzig 1888. — [2] M. Gerlach, Allegorien und Embleme, Wien 1882—84. *v. Schubert-Soldern.*

Emerald, s. v. w. Smaragd, s. Korund.

Emeraldgrün, s. Chromgrün.

Emeraldin, s. Anilinschwarz, Bd. 1, S. 337.

Emery-Maschine, s. Festigkeitsprobirmaschinen.

Emilian, s. v. w. Elgersburger Steingut; s. Thonwaren.

Emine (Immi), Getreidemass in der Schweiz = 1,5 Liter.

Eminenter Wert, s. Maxima und Minima.

Emission, Aussendung von Licht und Wärme. Dieselbe bestand nach den Anschauungen der Emissions- oder Emanationstheorie in dem geradlinigen Ausströmen des Lichtstoffes von den strahlenden Körpern. Wir erkennen jetzt in der Emission von Licht und Wärme kürzere und längere Aetherwellen, welche durch die Bewegungen der kleinsten Teile der Körper erzeugt werden. Je nach den Aggregatzuständen der Körper zeigen die ausgesandten Aetherwellen einen verschiedenen Charakter. Bei den dichtesten Aggregaten, im flüssigen und festen Zustand, tritt die individuelle chemische Beschaffenheit der Körper mehr zurück hinter dem Einfluss allgemeiner Bedingungen, wie Oberflächenbeschaffenheit und Temperatur. Nach den Versuchen Leslies [1] mittelst seines mit heissem Wasser gefüllten Würfels aus Metallblech, dessen Seitenflächen verschiedene Belegungen erhalten, zeigen bei gleicher Temperatur rauhe Oberflächen ein grösseres Emissionsvermögen als glatte, Nichtmetalle ein grösseres als Metalle. Er bestimmte folgende Relativzahlen: Russ 100, Papier 98, Harz 96, Glas 90, Eis 85, Mennige 80, Glimmer 80, Graphit 75, rauhes Blei 45, blankes 19, Quecksilber 20, polirtes Eisen 15, Gold, Silber, Zinn, Kupfer 12. Ganz ähnliche Resultate hat Melloni durch Messungen mit der Thermosäule statt des berussten Thermometers erhalten. Dass nicht bloss die Oberflächenbeschaffenheit, sondern auch die Verschiedenheit der Substanz auf die Stärke der Emission von Einfluss ist, zeigen die Versuche Tyndalls mit pulverförmigen Körpern [2]. Aber auch die Beschaffenheit der Umgebung, abgesehen von der den Körpern aus der Umgebung zugestrahlten Wärme, bestimmt die Stärke der Emission nach einem von Clausius [3] theoretisch gefolgerten, von Quintus Icilius experimentell geprüften Gesetz. Es ist die Stärke der Emission dem Quadrat des Brechungskoefficienten des durchstrahlten Mittels proportional.

Für die Abhängigkeit der Emission von der Temperatur gibt Stefan [4] das Gesetz: Die Emission glühender Körper ist proportional der vierten Potenz ihrer absoluten Temperatur. Dabei findet für die verschiedenen Wellenlängen ein verschiedenes Mass der Vermehrung mit steigender Temperatur statt, das aber von der Substanz der Körper unabhängig zu sein scheint. Nach Draper [5] treten unter 525° nur infrarote Strahlen auf, bei 540° reicht das Spektrum bis zur Linie *B* im Rot, der Körper erscheint dunkel rotglühend, bei 655° hat man Hellrot, das Spektrum reicht bis *F* im Grün, bei 795° bis *G* im Blau, bei 1170° bis über *H* hinaus, Farbe der hellen Weissglut. Nach H. F. Weber [6] beginnt die Entwicklung sichtbarer Strahlen schon bei 390° mit einem düster nebelgrauen Schein, welcher dem Gebiet der gelben bis grüngelben Strahlung angehört. Weber [7] gibt für die absolute Temperatur T und die Wellenlänge λ als Betrag der von der Flächeneinheit in der Sekunde ausgestrahlten Energiemenge s in absolutem Mass den Wert: $s = c\pi \frac{1}{\lambda^2} e^{aT - \frac{1}{b^2 T^2 \lambda^2}}$ und als Gesamtbetrag der Strahlung verschiedenster Wellenlänge: $S = \int_0^\infty s \, . \, d\lambda$, wobei die Konstante a für alle Körper gleich 0,0043, die Konstanten b und c nach der Natur der Körper verschieden sind.

Einen ganz andern Charakter als die Emission der starren und flüssigen Körper zeigt diejenige der Gase und Dämpfe. Das Spektrum der ausgesendeten Strahlen ist nicht mehr kontinuirlich über ein gewisses Gebiet der Wellenlängen verbreitet, sondern zeigt eine Bevorzugung bestimmter je dem betreffenden Stoff charakteristischer Wellenlängen. Je nach dem Grade der Dissociation, der Bildung grösserer oder kleinerer Atomkomplexe bei niederer oder höherer Temperatur, hat das Spektrum den Charakter entweder eines kannelirten Spektrums mit tausenden feinster in regelmässig abgestuften Bändern verteilten Linien, oder denjenigen des Linienspektrums mit wenigen, höchstens einigen hundert, teilweise bei verschiedener Temperatur verschieden deutlich auftretenden Linien (vergl. den Art. Spektralanalyse, auch den Art. Absorption und die eingehenden Ausführungen in [8]. Ob die Gase infolge der Temperatursteigerung allein nicht leuchten [9], sondern nur infolge chemischer Prozesse, erscheint noch nicht festgestellt [11]. Bei durch Druck zunehmender Gasdichte erbreitern sich die Linien bis zur Bildung eines kontinuirlichen Spektrums.

Litteratur: [1] Leslie, Inquiry to the nature of heat, London 1804. — [2] Wüllner, Lehrbuch der Experimentalphysik, 5. Aufl., Leipzig 1896, 2, S. 209. — [3] Clausius, Abhandl. über die mechan. Wärmetheorie, Braunschweig 1867, 8. Abt.. — [4] Sitzungsber. der Akademie der Wissensch. zu Wien, math.-natw. Cl., 79, 1879; Wüllner, S. 351 fgd. — [5] Draper, Philosoph. Magazine, 3, 30, 1847; Wüllner, S. 217. — [6] H. F. Weber, Die Entwicklung der Lichtemission glühender fester Körper, Sitzungsber. d. Berliner Akad. d. Wissensch., Nr. 28, S. 491, 1887. — [7] Ders., Berliner Sitzungsber. 26. Juli 1888, Wüllner, S. 366 fgd. — [8] Kayser, Spektralanalyse, Winkelmanns Handbuch der Physik, Breslau 1894, 2, 1, S. 419. — [9] Werner Siemens, Wied. Annalen, 18, S. 311 fgd., 1883. — [10] Pringsheim, Wied. Ann. 45, S. 428 fgd., 1892 u. 49, S. 347, 1893. — [11] F. Paschen, Wied. Ann., 50, S. 409, 1893. *Aug. Schmidt.*

Emissionsspektrum, s. Spektralanalyse.

Emissionsvermögen des Bodens, s. unter Bodenphysik, Bd. 2, S. 533.

Emmetropie, richtige Beschaffenheit des Auges im Gegensatz zur Brachymetropie, Kurzsichtigkeit, Hypermetropie, Fernsichtigkeit und Presbyopie, Akkommodationsschwäche; s. Auge.

Empfänger, s. Telegraph.

Empfangsgebäude der Eisenbahnen, auch Haupt-, Aufnahms- oder Stationsgebäude genannt, dienen zur Vermittelung des Personenverkehrs zwischen Bahn und Ort, sowie zwischen verschiedenen Bahnlinien unter einander. Sie enthalten demnach alle hierfür erforderlichen Räume, die sich hauptsächlich in zwei Gruppen zusammenfassen lassen: Räume für das Publikum und solche für Dienstzwecke. Daran reihen sich unter Umständen als dritte Gruppe noch Räume für Post und öffentlichen Telegraph, die jedoch in Deutschland wegen der, mit Ausnahme von Bayern und Württemberg, völlig getrennten Verwaltungen (Staats- bezw. Privatbahn und Reich) oft in besonderen Gebäuden untergebracht werden. Als Räume für das reisende und nichtreisende (begleitende und empfangende, Erkundigungen einziehende) Publikum sind auf mittleren und grösseren Bahnhöfen zunächst erforderlich: ein Haupt- oder Eingangsflur mit den nötigen Fahrkarten- und Gepäckschaltern für die Abreisenden (in Deutschland in der Regel auch für den Ausgang dienend, auf grossen Bahnhöfen aber besser gesondert), in Verbindung damit die Warteräume, in der Regel nach 2 oder 3 Fahrklassengruppen getrennt, nebst Damen- oder Nichtrauchzimmern, ohne oder mit Wirtschaftsräumen für Speisen und Getränke. Dazu kommen, zumal auf grösseren Bahnhöfen, Wasch- und Umkleideräume sowie Abortsanlagen, diese vom Flur und vom Bahnsteig aus zugänglich, unter Umständen (Bahnsteigsperre) verdoppelt mit Scheidewand. (Auf kleineren Bahnhöfen pflegt man die Abortanlagen nur in Nebengebäuden unterzubringen.) Geeignetenfalls treten weitere Räume hinzu, so für Fürstlichkeiten und andere hohe Herrschaften. Die Diensträume enthalten zunächst die Fahrkartenausgabe am Flur mit der erforderlichen Schalterzahl, daher bei grossen Bahnhöfen wohl mitten im Flur in einem besonderen Einbau oder an mehreren Seiten desselben, namentlich bei einer Mehrzahl von Bahnlinien; sodann die Gepäckabfertigung, auf grossen Bahnhöfen getrennt nach Annahme und Ausgabe (auf amerikanischen Bahnhöfen auch in besonderen Gebäuden). Daran schliessen sich — auf kleineren und mittleren Stationen in unmittelbarer Verbindung, sonst auch getrennt davon — die Räume für den gesamten Stationsdienst, als: Dienstzimmer für den Bahnhofsvorstand, für dessen Assistenten, für die Bedienung der Bahntelegraphen, unter Umständen noch besondere Kassenräume u. a. m.; endlich noch Räume zur Aufbewahrung von Handgepäck und — auf kleineren Bahnhöfen damit vereint — für den Hauswart oder Portier, dem das Abrufen der Züge, das Zurechtweisen und allerlei sonstige Dienste für das Publikum obliegen. Diese Räume müssen leicht auffindbar, also vom Bahnsteig oder vom Flur aus zugänglich und womöglich in Nähe der Gepäckabfertigung sein, bei getrenntem Ein- und Ausgangsflur also verdoppelt werden oder zwischen beiden liegen. — Auf grossen Bahnhöfen reihen sich an den Flur oder Bahnsteig noch ferner: Räume für Polizei, für Auskunft, für Geldwechsler, Dolmetscher, für Gepäckbeförderungs-Gesellschaften u. a. m. Andererseits sind auf manchen Stationen noch Räume erforderlich für den Aufenthalt und auch wohl für Uebernachtung von Zugspersonal, für Aufbewahrung und Vorbereitung von Beleuchtungs- und Heizvorrichtungen der Züge u. s. f.; solche werden je nach Umständen im Haupt- oder in Nebengebäuden untergebracht. Zu diesen Hauptgruppen kommen häufig noch Dienstwohnungen für den Bahnhofvorsteher auch wohl für mehrere Beamten, meist in Obergeschossen; ebenso Pachtwohnungen für den Bahnhofswirt, sowie die erforderlichen Küchenräume, diese meist im Kellergeschoss, neuerdings aber auch (Münster u. a.) über den Warteräumen, um diese von Küchendunst freizuhalten und die Küche selbst besser beleuchten zu können.

Besondere Diensträume für die Zollbeamten und namentlich grosse Zollrevisionshallen werden erforderlich auf Grenz- oder Uebergangsstationen zwischen den Eisenbahn-

linien verschiedener Zollgebiete. Diese Hallen müssen so angeordnet werden, dass alle die Zollgrenze überschreitenden Reisenden, sowohl ankommende als übergehende, gezwungen werden, sie mit ihrem Gepäck zu durchwandern und dasselbe der Zollprüfung unterwerfen zu lassen.

Auf grossen Bahnhöfen bilden endlich die Bahnhofs- oder Einsteighallen (s. Bahnhofshallen) ein wichtiges Zubehör der Empfangsgebäude, während auf weniger grossen Stationen in der Regel nur einfache Bedachung des nächsten Bahnsteigs mit offener Langseite sich dem Gebäude anschliesst.

Nach dem Gesagten ist der Bedarf an Räumen je nach Zweck und Bedeutung des Bahnhofs ungemein verschieden. Während auf grossen Stationen viele Räume verdoppelt werden müssen, vereinigen sie sich auf kleinen Stationen mehr und mehr, so dass auf Haltestellen oft nur ein Warte- und ein Dienstraum übrig bleibt, manchmal sogar ohne Flur, mit einzigem Eingang vom Bahnsteig aus und mit Fahrkartenschalter im Warteraum oder am Bahnsteig, so namentlich bei Nebenbahnen. Aufgabe der Grundrissbildung für die Empfangsgebäude ist es, die in jedem besonderen Falle erforderlichen Räume nach ihrer Grösse richtig zu bemessen und in solcher Weise aneinander zu reihen, dass alle vorbezeichneten Zwecke in thunlichst bester Weise erreicht werden. Vor allem müssen die für das abreisende und durchreisende Publikum bestimmten Räume (s. o.) und die einzelnen Abfertigungsstellen leicht auffindbar und ohne weite Wege erreichbar sein; dabei sollte auf Bahnhöfen mit lebhaftem Verkehr ein Gegenstrom der Zu- und Abgehenden möglichst vermieden werden, wie dies in England ziemlich streng durchgeführt wird. Insbesondere sind dann der Ein- und Ausgang zu den Bahnsteigen von einander zu trennen und ist für grossen Andrang eine zweckmässige Teilung des Menschenstroms zu bewirken, was freilich zur Anlage wiederholter Zugänge, Schalter u. s. f. und damit zur Vermehrung des Beamtenpersonals, also zu erhöhten Ausgaben führt, behufs rascher Abfertigung grosser Massen aber unerlässlich ist. Einen wesentlichen Einfluss übt hierauf, wie auf die Grundrissbildung überhaupt, die Frage, ob und an welcher Stelle eine Bahnsteigsperre mit Fahrkartenprüfung stattfinden solle, wie das neuerdings auch in Deutschland mehr und mehr zur Durchführung gelangt, um das für die Beamten gefährliche Nachsehen der Fahrkarten während der Fahrt zu vermeiden und die Bahnsteige von Verkehrshinderungen durch nichtreisendes Publikum freizuhalten, damit sie ihren eigentlichen Zweck besser erfüllen. Sind die Bahnsteige geräumig genug, um die Sperre und Fahrkartenprüfung auf ihnen selbst mittelst Schranken zu ermöglichen, so können die Zugänge von den Wartesälen und anderen Räumen zum Bahnsteig geöffnet bleiben. Andernfalls muss der Weg von den Warteräumen zum Bahnsteig im Innern des Gebäudes zu besonderen Ausgängen geführt werden, die bei kleineren Anlagen mit denen vom Hauptflur aus vereinigt werden. Dann führt also der Weg der Abreisenden vom Hauptflur zu den Wartesälen, von diesen wieder zurück über den Flur zum Bahnsteig. Alsdann kann von der sonst üblichen Regel, alle Warteräume unmittelbar an den Bahnsteig anzulegen, abgewichen werden (so neuerdings bei der preussischen Staatsbahn). Eingangsflur und Durchgänge zum Bahnsteig werden in der Regel zwischen den beiden Hauptgruppen, den Warteräumen für das Publikum und den Diensträumen, liegen, weil beide keiner unmittelbaren Verbindung bedürfen, in sich jedoch meist nicht getrennt werden können, die Gruppe der Warteräume wenigstens dann nicht, wenn sie eine gemeinsame Wirtschaft erhalten sollen. In Deutschland und Oesterreich ist es im allgemeinen üblich, auch auf Stationen mit vielen Bahnrichtungen, einen gemeinsamen Eingangsflur für alle Abreisenden anzulegen und die Wege zu den Bahnsteigen erst von diesem aus oder erst in der Bahnhofshalle selbst zu trennen. In England dagegen zieht man vor, den Menschenstrom schon ausserhalb des Gebäudes durch gesonderte Eingänge nach Haupt-Reiserichtungen zu trennen, um grossen Zusammenstrom von Menschen von vornherein möglichst zu vermeiden. Die Flure und Wartezimmer werden dann wiederholt, letztere sind aber meist klein und werden wenig benützt. Dadurch wird es möglich, mit wenig Raumbedarf für Gebäude und Bahnsteigbreiten grosse Verkehrsmengen zu bewältigen im Gegensatz zu dem sehr viel grösseren Raumbedarf in Deutschland.

Im übrigen ist die Grundrissbildung ganz abhängig von der Art des Bahnhofs (s. d.). Als Hauptformen lassen sich in dieser Hinsicht folgende unterscheiden:

A. Seitenform: Gebäude an einer Langseite der Bahnsteig- und Gleisanlage; so namentlich für Zwischen- und kleinere Anschlussstationen. Auch bei grösseren Anschluss- und Kreuzungsbahnhöfen, alsdann aber mit schienenfreien Zugängen zu den Zwischen-Bahnsteigen (Hannover, Mainz, Strassburg, Bremen, Münster, Berlin-Charlottenburg, Berlin-Schlesischer Bahnhof u. v. a.

B. Inselform: Gebäude zwischen den beiderseitigen Gleis- und Bahnsteiganlagen, und zwar a. Zugang von der Giebelseite zwischen den Gleisen; so namentlich bei Keilform, aber auch bei Inselform des Bahnhofs für Anschluss- und Kreuzungsstationen (Hameln, Halle, Duisburg u. v. a.); b. Zugang mittelst schienenfreier Unter- oder Ueberschreitung eines Teiles der Gleise (Personentunnel) von der Langseite her (Görlitz u. a.), unter Umständen auch mit besonderem Vorgebäude (Hildesheim, Düsseldorf, Erfurt, Köln); c. Zugang auf beiderlei Art (Magdeburg u. a.).

C. Kopfform bei Endbahnhöfen, Gebäude quer vor Kopf der Gleise und Bahnsteige (in England sehr üblich mit Hotel in Obergeschossen), je nach Bedarf (in Deutschland meist) mit einem oder zwei Seitenflügeln, welche die Bahnsteighalle einschliessen (Frankfurt a. M., München, Potsdamer, Anhalter, Stettiner und Görlitzer Bahnhof in Berlin u. v. andere); oder auch mit einem (mehreren) Mittelflügel zwischen zwei Hallen (Stuttgart, Florenz); statt dessen auch wohl nur zwei Seitengebäude durch Glaswand verbunden (Berlin, Lehrter Bahnhof).

D. Viaduktform: Dienst- und Warteräume ganz oder grossenteils unter (oder über) den Gleisen und ihren Zwischensteigen, Zugang zu diesen durch Treppen, und zwar a. von einer Querstrasse (Unterführung) aus (Berliner Stadtbahn: Bellevue, Jannowitzbrücke); b. von einer seitlichen Längsstrasse aus (Berlin: Friedrichstrasse, Börse); c. beides (Berliner Stadtbahn: Zoologischer Garten, Tiergarten, Lehrter Bahnhof, Alexanderplatz). Das Gebäude kann in solchen Fällen (b) auch über den Gleisen sich wieder zusammenschliessen und höher geführt werden (Vorschlag Rinklake), wofür jedoch in der Regel kein Bedarf vorliegen wird.

Im allgemeinen werden die Empfangsgebäude in England und Nordamerika fast nur als Nützlichkeitsbauten behandelt und einfach gehalten. Im übrigen Europa und namentlich in Deutschland wird dagegen sehr viel Wert gelegt auf gleichzeitige reiche Ausstattung.

Litteratur: Rölls Encyclopädie d. E.-W., „Empfangsgebäude“. Schwabe, Englisches Eisenbahnwesen, 1877. — Wulff, Das Eisenbahn-Empfangsgebäude, Leipzig 1881. Grüttefien, Preussische Bahnhöfe, Zentralbl. d. Bauverwaltung, 1888. Humbert, Traité complet des chemins de fer, Paris 1891. *Goering.*

Empfangsschuppen, s. Güterschuppen und Güterbahnhöfe.

Emphychroit, s. v. w. Phosphorit, s. Apatit.

Empirische Formeln liefern die Abhängigkeit einer Grösse von einer oder mehreren anderen mittelst Zahlenkoefficienten, die nicht auf rein theoretischem Weg, sondern näherungsweise auf Grund von angestellten Beobachtungen ermittelt worden sind. Dabei werden in der Regel mehr Beobachtungen gemacht, als Koefficienten zu bestimmen sind; aus den Resultaten sucht man sodann vermittelst Ausgleichungsrechnung die wahrscheinlichsten Werte der Koefficienten. Beispiel: Bd. 1, S. 588, Formel 4, welche die Länge eines Stabs als Funktion der Temperatur auszudrücken lehrt. *Wölffing.*

Empore, in der kirchlichen Baukunst die auf Säulen oder Bogenstellungen angeordnete Galerie, die sich in der Regel über den Seitenschiffen befindet und von hier aus das Anhören des Gottesdienstes ermöglicht.

Emscher Mergel, ein der oberen Kreideformation (Senon) angehöriger, grauer, weicher, thoniger Mergel in Westfalen. Gewisse Schichten enthalten bis zu 40 % kohlensauren Kalk und werden deswegen zum Düngen verwendet. Andere (Hannover) sind mehr sandiger Natur und dienen als Formsand. Auch Phosphorite treten in den Emscher Mergeln auf und werden ausgebeutet.

Emulsion, milchähnliches Flüssigkeitsgemisch, besteht aus einem öligen oder harzigen Körper, dessen Partikelchen mit Hilfe eines Bindemittels in einer Flüssigkeit, welche für Oele und Harze kein Lösungsmittel ist, schwebend erhalten werden. Eine Oelemulsion ist z. B. eine dickliche Flüssigkeit, in welcher Oeltröpfchen mit Gummischleim „emulgirt“ sind.

Emulsionsapparat, dient zur Anreicherung abgerahmter oder Magermilch mit tierischem Fett, wodurch das Milchfett ersetzt und die Herstellung besserer, fettreicherer Käse ermöglicht werden soll. Meist wird Rindertalg geschmolzen, wieder abgekühlt, durch Auspressen von Stearin und Palmitin befreit und das zurückbleibende Oleïn mit etwas Magermilch und einigen Eiern innig gemischt. Diese Masse wird unter langsamem Zufluss mit der Magermilch mittelst eines

Emulsionsapparats, welcher in der Hauptsache aus einer wirksamen Rühr- und Mischvorrichtung besteht, so vermengt, dass man 0,6—2 % der Masse zugibt und das Fett zu möglichst feiner Verteilung bringt. Hierauf wird die mit Fett angereicherte Magermilch wie sonst üblich auf Käse verarbeitet. Nach v. Klenze (Handbuch der Käsereitechnik, Bremen 1884) lassen sich wohl fettreichere Magerkäse nach diesem Verfahren herstellen, während bei Fettkäsen, wie Edamer, Emmenthaler etc. das Milchfett nicht ersetzt werden kann. Im übrigen grenzt das Verfahren, sofern solche Käse nicht als Kunstkäse bezeichnet werden, nahe an Verfälschung. *Strebel.*

Enantiomorphie, die Eigenschaft gewisser Kristallformen, dass sie, obwohl von gleichen Dimensionen, doch nicht zur kongruenten Deckung gebracht werden können, sondern nur mit ihrem Spiegelbild kongruent sind.

Solche Kristalle sind also asymmetrisch, müssen jedoch nicht notwendig einem asymmetrischen Kristallsystem angehören, dann aber sogen. hemiëdrische oder tetartoëdrische Flächen von asymmetrischer Lage besitzen. Existiren zwei solche wie links und rechts verschiedene enantiomorphe Formen derselben chemischen Substanz, so geht damit im allgemeinen die Eigenschaft derselben Hand in Hand, die Ebene des polarisirten Lichtes in entgegengesetztem Sinne, aber gleichem Betrage (s. Drehungsvermögen, optisches) zu drehen. Umgekehrt kristallisiren die beiden entgegengesetzt optisch aktiven Modifikationen einer chemischen Verbindung häufig in enantiomorphen Formen. Bekannte Beispiele hierfür sind das rechts- und links-weinsaure Natrium-Ammonium und der rechts- und linksdrehende Quarz.

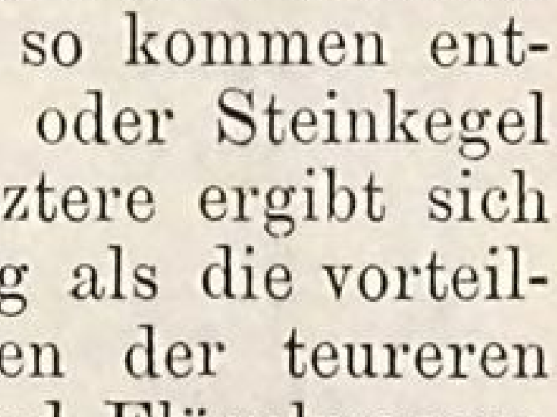
Litteratur: Liebisch, Geometrische Kristallographie, Braunschweig 1879; Landolt, Optisches Drehungsvermögen, Leipzig 1881; van t'Hoff, Stereochemie, Leipzig 1892. *Abegg.*

Enceinte, s. Festungsbau.

Endabschluss der Brücken. Die Endpfeiler (Widerlager, Landpfeiler, Ortpfeiler) sind in geeigneter Weise an das Terrain, bezw. an den in Fortsetzung der Brücke den Verkehrsweg tragenden Dammkörper anzuschliessen. Hierzu dienen Flügelmauern, welche verschiedene Richtung und Form erhalten können. Handelt es sich um den Anschluss an einen Damm, so kommen entweder parallel zur Brückenaxe stehende Stirnflügel mit Erd- oder Steinkegel oder schräge, sogen. Böschungsflügel zur Anwendung. Für letztere ergibt sich je nach der Neigung des Terrains eine bestimmte Schrägstellung als die vorteilhafteste. Gekrümmte (konkave) Böschungsflügel werden wegen der teureren Ausführung jetzt nur selten angewendet. Bei grosser Höhe sind Flügelmauern aber überhaupt nicht zweckmässig, und es empfiehlt sich besser eine viaduktartige Verlängerung der Brücke und der Anschluss mittelst einer in die Endöffnungen reichenden Dammschüttung. Führt die Strasse über ein regelmässig abgeböschtes Gerinne oder einen künstlichen Einschnitt, so haben die Flügelmauern den Anschluss an das natürliche Terrain zu vermitteln; sie werden in diesem Falle als Stirnflügel oder bei Strassenbrücken aus ästhetischen und Verkehrsrücksichten auch mit gekrümmter (konkaver) Grundrissform ausgeführt. *Melan.*

Endgeschwindigkeit. Die Geschwindigkeit eines beweglichen Punktes zur Zeit t oder am Ende der Zeit t heisst dessen Endgeschwindigkeit im Gegensatze zu seiner Anfangsgeschwindigkeit, d. h. der Geschwindigkeit, welche der Punkt zur Zeit $t = 0$ besitzt. Uebrigens ist der Ausdruck nicht mehr viel im Gebrauch. Für einen frei fallenden schweren Punkt z. B., der ohne Anfangsgeschwindigkeit abgeht, ist die Endgeschwindigkeit $v = gt$; besitzt er die Anfangsgeschwindigkeit v_0, so wird die Endgeschwindigkeit $v = v_0 + gt$. *Schell.*

Endgleichungen, s. Normalgleichungen.



Endkamm, eine der verschiedenen Verbindungen zweier horizontalen Hölzer, deren eines vom andern unter rechtem Winkel ausgeht (vergl. Aufkämmen und Balkenauflager).

Endmass, s. Längenmasse und Massvergleichung.

Endmoränen werden die die Stirnenden der Gletscher wallartig umsäumenden Blockanhäufungen genannt. Sie wurden von den diluvialen Gletschern in langen, hufeisenartigen Wällen zurückgelassen, so im Bereich des nordalpinen Vorlandes, des niederdeutschen Tieflandes u. s. w. Sie bauen sich aus dem vom Gletscher mitgebrachten Material von grobem Gesteinschutt auf und zeigen eine wirre, regellose Lagerung. *Leppla.*

Endosmose (ebenso Exosmose), nur noch wenig gebräuchliche Bezeichnung für Osmose (Diosmose), den gegenseitigen Austausch zweier mit einander mischbaren Flüssigkeiten durch eine dieselben hindurchlassende Scheidewand. S. Osmose.

Endständer, d. i. das über den Endstützen eines Balkenfachwerksträgers angeordnete lotrechte Stabglied. Schliessen die Ausfachungsstäbe des Trägers an den oberen Endknoten 1 an (Fig. 1), so hat der Endständer den vollen Stützendruck (vermindert um die Belastung des unteren Knotenpunktes 0) aufzunehmen; geht hingegen nur vom unteren Endknotenpunkt eine Druckstrebe aus (Fig. 2), so ist der Endständer bloss durch das obere Knotengewicht belastet, und es kann derselbe, namentlich bei unten liegender Fahrbahn, auch ganz weggelassen werden, eine Anordnung, die besonders bei den amerikanischen

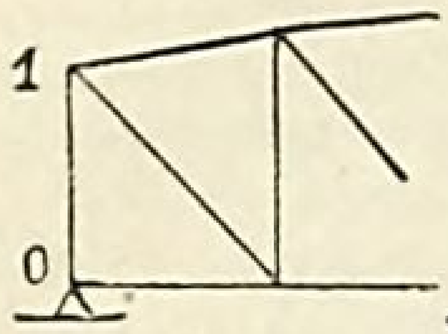
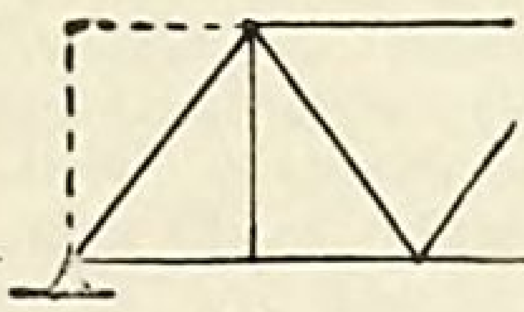
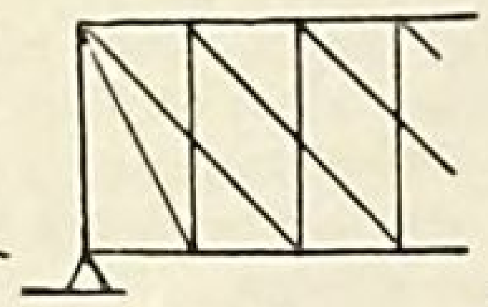
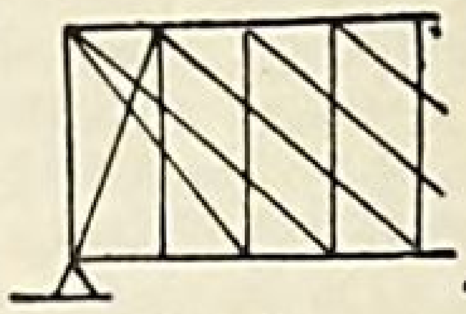
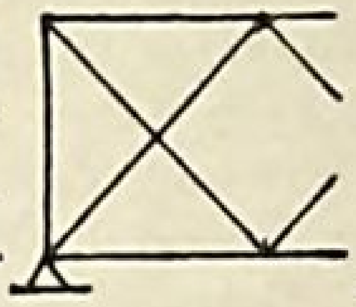


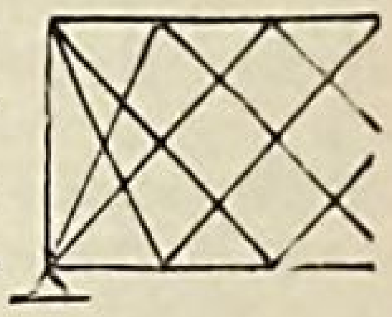
Fig. 1.


Fig. 2.

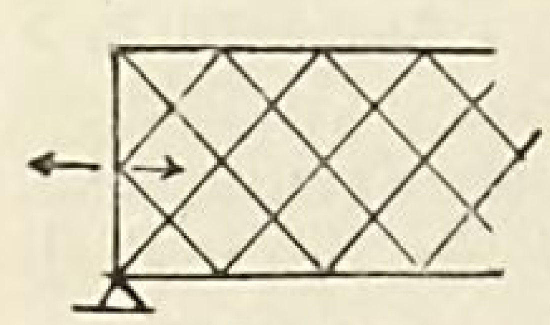

Fig. 3


Fig. 4.


Fig. 5.


Fig. 6.

Balkenfachwerksbrücken häufig angetroffen wird. — Der Endständer entfällt natürlich auch bei jenen Trägerformen, bei welchen die Gurte über den Auflagern zusammengeführt (Parabel-, Schwedler-, Pauli-Träger u. a.) oder wo bei oben liegender Bahn die Träger mit den Obergurten aufgelagert sind. Ist das Ausfachungssystem ein mehrfaches oder mehrteiliges, so schliessen beim unsymmetrischen oder Ständerfachwerk gewöhnlich sämtliche Endschrägen an den oberen Knotenpunkt an (Fig. 3); man findet aber auch die Anordnung nach Fig. 4. Beim mehrteiligen symmetrischen oder Strebenfachwerk ist bei grösseren Trägern nur die Anordnung Fig. 5 oder Fig. 6 üblich, nach welcher beim Parallelträger auf den Endständer der halbe Stützendruck entfällt. Der Anschluss nach Fig. 7 ist nur bei kleineren Trägern und engmaschiger Ausfachung (Gitterwerk) zulässig; der Ständer hat hierbei nebst dem lotrechten Drucke eine Horizontalkraft aufzunehmen, welche ihn in ungünstiger Weise auf Biegung beansprucht. Die Endständer sind nach den für Druckstäbe (s. d.) geltenden Regeln zu dimensioniren. Es ist aber dabei auch auf jene Beanspruchung Rücksicht zu nehmen, welche die Endständer als Teile der Endquerrahmen der Brücke erfahren. Dies ist insbesondere dann von Bedeutung, wenn ein oberer Windverband vorhanden ist, der seinen Stützendruck auf den Endquerrahmen der Brücke absetzt (s. Querverband). *Melan.*


Fig. 7.

Endring, s. Schiffsgeschütze.

Endverband. Zur lotrechten Endigung einer Mauer ist es erforderlich, dass die abschliessenden Steine eine regelrechte Verzahnung mit dem Mauerwerk bilden, so dass dadurch der Verband der Mauer „eingerichtet“ wird.

Energetik wird in neuerer Zeit (nach Rankine [1]) eine gewisse Richtung der Lehre von der Energie (s. d.) genannt, welche diese Lehre möglichst selbständig zu gestalten und durch Verwertung gemeinsamer Eigenschaften der verschiedenen Energieformen die Bedingungen und den Verlauf beliebiger Veränderungen in der Natur zu ergründen strebt. Zur Rechtfertigung dieses Vorgehens wird betont, dass das Prinzip von der Erhaltung der Energie bei Uebergängen oder Umwandlungen von Energie nur über die Quantität der letzteren Aufschluss gibt, die Voraussetzungen für solche Veränderungen aber im Dunkel lässt.

Man suchte nun durch Einführung des Begriffs der Intensität zu einem zweiten Hauptsatze der Energetik zu gelangen, welcher in erster Linie aussagt [4], S. 62: „Jede Energieform hat das Bestreben, von Stellen, in welchen sie in höherer Intensität vorhanden ist, zu Stellen von niederer Intensität überzugehen,“ während im übrigen manche Abweichungen in der Auffassung vorkommen. Da die Wärme von Körpern höherer Temperatur nach solchen niederer Temperatur überzugehen strebt, so wäre für sie die absolute Temperatur (s. d.) als Intensität anzusehen. Meist suchte man nach dem Vorgange Rankines die Energie oder deren Aenderung durch zwei Faktoren auszudrücken (ähnlich der Beziehung $dQ = T dP$ unter Energie), von welchen der eine die Intensität sein soll, der andere die Kapazität oder deren Aenderung

genannt wurde, wobei es nicht ohne gesuchte Analogien abging. Manche Energetiker, wie Helm, nehmen auch die Versuche zur Rückführung aller Naturvorgänge auf bewegte Atome und deren Wechselwirkungen (vgl. Energie) für die Energetik in Anspruch [13], S. III, da ja allerdings bei vollständigem Gelingen dieser Versuche auch Aufklärung über alle Umwandlungen der Energie erlangt würden, wogegen Ostwald auf sämtlichen Gebieten der messenden Wissenschaften als gemeinsamen Begriff neben Raum und Zeit nur die Energie gelten lässt (so dass z. B. alle Beziehungen zwischen Erscheinungen verschiedener Art notwendig Gleichungen zwischen Energiegrössen sein sollen), eine Auffassung, welche nach seiner Ansicht zur Ueberwindung jenes „wissenschaftlichen Materialismus" der Rückführung aller Naturvorgänge auf eine Mechanik der Atome führen wird, [14].

Litteratur: [1] Rankine, On the general law of the transformation of energy, Phil. Mag. 1853, Bd. V, S. 106. — [2] Mach, Die Geschichte und die Wurzel des Satzes von der Erhaltung der Arbeit, Prag 1872. — [3] Popper, Die physik. Grundsätze der elektr. Kraftübertragung, Wien 1884. — [4] Helm, Die Lehre von der Energie, historisch-kritisch dargestellt, nebst Beiträgen zu einer allgem. Energetik, Leipzig 1887. — [5] Wronsky, Das Intensitätsgesetz und die Gleichartigkeit der analytischen Formen in der Lehre von der Energie, Frankfurt a. O. 1888. — [6] Ostwald, Die Energie und ihre Wandlungen, Leipzig 1888. — [7] Meyerhoffer, Der Energieinhalt und seine Rolle in Chemie und Physik, Zeitschr. f. physik. Chemie 1891, S. 544. — [8] Ostwald, Studien zur Energetik, Verhandl. d. sächs. Ges. d. Wissensch. 1891 (weitere Aufs. 1892—1895); vgl. Naturwiss. Rundschau 1892, S. 117. — [9] Ostwald, Grundlinien der allgem. Energetik, Zeitschr. f. physik. Chemie 1892, S. 363, Auszug: Naturwiss. Rundschau 1892, S. 633, 645. — [10] Ostwald, Lehrbuch der allgem. Chemie, Bd. 2, Leipzig 1892. — [11] Schreber, Die Energie als zusammenfassendes Prinzip in der Physik, Naturwiss. Rundschau 1894, S. 480, 493. — [12] Helm, Mathematische Chemie, Leipzig 1894. — [13] Helm, Ueberblick über den derzeitigen Stand der Energetik, Beilage zu Wied. Ann. 1895, Bd. LV, 2. Heft. — [14] Ostwald, Die Ueberwindung des wissenschaftl. Materialismus, Naturwiss. Rundschau 1895, S. 557, 569 (Vortrag auf der Naturforschervers. zu Lübeck). — [15] Boltzmann, Ein Wort der Mathematik an die Energetik, Wied. Ann. 1896. Bd. LVII, S. 39. — [16] Planck, Gegen die neuere Energetik, Wied. Ann. 1896, Bd. LVII, S. 72. — [17] Helm, Zur Energetik, Wied. Ann. 1896, Bd. LVII, S. 646. — [18] Ostwald, Zur Energetik, Wied. Ann. 1896, Bd. LVIII, S. 154.

Weyrauch.

Energie = Arbeitsfähigkeit, Arbeitsvermögen. Bei Einwirkung einer Kraft K auf einem Wege w wird das Produkt Kw mechanische Arbeit genannt. Das Produkt $\frac{m v^2}{2}$ aus der Masse m und dem halben Quadrate der Geschwindigkeit v eines Körpers heisst dessen lebendige Kraft (s. d.) Eine im wesentlichen schon durch Huyghens erkannte Beziehung der Mechanik (Satz von den lebendigen Kräften) besagt in Uebereinstimmung mit der Erfahrung, dass durch eine gewisse Arbeit eine gleich grosse lebendige Kraft erzeugt und ebenso durch eine gewisse lebendige Kraft eine gleich grosse Arbeit geleistet werden kann, wonach wir in lebendiger Kraft eine erste Ursache von mechanischer Arbeit, eine erste Form der Energie haben. Wenn ein Körper sich infolge von Wärmezufuhr ausdehnt und dabei auf gewissen Wegen den Luftdruck auf seine Oberfläche überwindet oder einen Kolben in Bewegung setzt, also wieder Arbeit leistet, dann erkennen wir in der Wärme eine zweite Form der Energie (s. Wärmeäquivalent, mechanisches, Wärmetheorie, mechanische). Durch Aufwand von mechanischer Arbeit lassen sich auch elektrische, magnetische, chemische, optische Erscheinungen hervorrufen, und umgekehrt sind mit solchen Vorgängen oft Leistungen mechanischer Arbeit verbunden. Jede mögliche Ursache von mechanischer Arbeit nennt man Energie und beurteilt deren Wert nach ihrer Wirkung, so dass die Energie in Arbeitseinheiten, beispielsweise in Meterkilogramm (s. Arbeit) gemessen werden kann. Das im Jahre 1842 von Robert Mayer aufgestellte Prinzip von der Erhaltung der Energie behauptet die Unzerstörbarkeit und Unvermehrbarkeit der Energie [1], [2]. Wie die Materie, so soll auch die Energie zwar verschiedene Formen annehmen können, quantitativ aber immer dieselbe bleiben. Die Aenderung der Energie oder Arbeitsfähigkeit eines Körpers oder sonstigen materiellen Systems kann hiernach nur durch eine Aufnahme von aussen oder Abgabe nach aussen bedingt sein, und da es für das Universum kein Aussen gibt, so folgt: Die Energie der Welt ist konstant.

Wird einem beliebigen Körper oder sonstigen materiellen System, welches hinsichtlich eines beliebigen Koordinatensystems in beliebiger Bewegung ist, eine Energie dE zugeführt, so kann seine lebendige Kraft N eine Aenderung dN erfahren, wonach der Rest der Zufuhr $dU = dE - dN$ ist. Soll nun die Energie unzerstörbar sein, so müssen sich alle nach einander auftretenden dU in irgend welchen Formen im System ansammeln, es muss dem letzteren wie ein gewisses N auch ein gewisses U entsprechen, so dass erst $N + U = E$ die Gesamtenergie in Hinsicht des gewählten Koordinatensystems ist. Die von aussen zugeführte Energie dE

kann zu einem Teil dK in der Arbeit äusserer Kräfte (s. d. und äussere Arbeit $dL = -dK$), zu einem andern Teile dQ in lebendiger Kraft, Wärme und sonstigen Energieformen bestehen. Die Grundgleichung der Energie lautet dann unter Voraussetzung gleicher Masseinheiten für alle Glieder:

$$dN + dU = dE = dK + dQ; \qquad 1.$$

wenn jedoch Q in Einheiten gemessen wird, deren jede W Einheiten von N, U, E enthält:

$$dN + dU = dE = dK + W dQ. \qquad 2.$$

Abnahme und Abfuhr von Energieform sind hierin als negative Zunahme und negative Zufuhr aufzufassen. Die lebendige Kraft N wird auch aktuelle Energie oder, wie jede als Bewegung erkannte Energie, kinetische Energie genannt, während U im allgemeinen virtuelle Energie heissen kann, und in dem speziellen Falle, dass sein Wert nur von den Lagen der Systempunkte abhängt (womit ein Kräftepotential existirt), nach Rankine als potentielle Energie bezeichnet wird. In der mechanischen Wärmetheorie pflegt $N = 0$ angenommen und dann U einfach Energie genannt zu werden.

Es seien $x, y, z \ldots$ diejenigen Grössen, welche als Unabhängigvariable die Energie

$$E = N + U = F(x, y, z \ldots) \qquad 3.$$

bestimmen. Dann hat man nach 1:

$$\partial E = \frac{\partial E}{\partial x} dx + \frac{\partial E}{\partial y} dy + \ldots = dK + dQ. \qquad 4.$$

Lässt sich nun auch die Arbeit dK durch die Grössen $x, y, z \ldots$ und ihre Differentiale ausdrücken, oder rechnet man die im Ausdrucke von dK auftretenden Variabeln mit zu den $x, y, z \ldots$, womit an der Allgemeinheit nichts geändert wird, dann folgt aus 4.:

$$dQ = X dx + Y dy + Z dz + \ldots, \qquad 5.$$

unter $X, Y, Z \ldots$ Funktionen von $x, y, z \ldots$ verstanden. Während jedoch 4. ein vollständiges Differential darstellt und also bei unabhängig variabeln $x, y, z \ldots$, ohne weitere Beziehungen, integrirbar ist, braucht dies für den Ausdruck 5. nicht der Fall zu sein. Wir können jedoch durch Multiplikation mit einem integrirenden Faktor $1/T$, wobei

$$T = f(x, y, z \ldots), \qquad 6.$$

ein vollständiges Differential

$$dP = \frac{dQ}{T} = \frac{X}{T} dx + \frac{Y}{T} dy + \frac{Z}{T} dz + \ldots \qquad 7.$$

daraus herstellen. Alsdann ist, wie E und T, auch

$$P = \varphi(x, y, z \ldots) \qquad 8.$$

nur von den augenblicklichen Werten von $x, y, z \ldots$ abhängig, nicht davon wie das System in den Zustand $x, y, z \ldots$ gelangt ist. Hat diese Funktion zu Anfang irgendwelcher Zustandsänderungen den Wert P_a, dann ist zu Ende derselben:

$$P = P_a + \int_a^e \frac{dQ}{T}, \qquad 9.$$

und sind am Schlusse wieder die gleichen $x, y, z, \ldots$ und damit auch die gleichen E, T, P wie zu Anfang erreicht, dann gilt nach 9. für den durchlaufenden Kreisprozess:

$$\int_a^e \frac{dQ}{T} = 0. \qquad 10.$$

In der mechanischen Wärmetheorie (s. d.) betrachtet man gewöhnlich ruhende Körper, womit $N = 0$, $E = U$, und zieht als Energie dQ, welche neben der Arbeit $dK = -dL$ äusserer Kräfte zugeführt oder entzogen wird, nur Wärme in Betracht, deren Einheiten (s. Kalorie) $W = 1/A = 424$ der Einheiten von U, K enthalten (s. Mechanisches Wärmeäquivalent), so dass nach 2.: $dQ = A(dU + dL)$. 11.

Ferner schliesst man auf Grund erfahrungsmässig bestätigter Annahme (s. Clausius'scher Grundsatz), dass für sogen. umkehrbare Zustandsänderungen (s. d.) in 9., 10. $T = a + t$ die absolute Temperatur gleich 273 plus der Temperatur t nach C. ist. In diesen Fällen stimmt P mit der Entropie (s. d.) überein, während weitere Ermittelungen bis jetzt nicht angestellt sind. Vergl. [12], S. 36, 17, S. 284.

Ueber den Energiehaushalt der Erde hat Robert Mayer in seinem zweiten Aufsatze von 1845 die grundlegenden Anschauungen entwickelt [2], [17]. Fast alle auf der Erde verwendete Energie geht uns in Form von Wärme und Licht von der Sonne zu. Die Sonnenwärme ist es, welche das Wasser als Dampf zu Wolken hebt, damit unsere Quellen speist, die Strömung der Flüsse erzeugt, Mühlen und Schiffe treibt und die Bewegungen in der Atmosphäre hervorbringt. Immerhin würde ein zu grosser Teil der von der Sonne gelieferten Energie durch Ausstrahlung in den Weltraum wieder verloren gehen, wenn nicht die Pflanzenwelt als ein Akkumulator wirkte. Angenommen, es stünde augenblicklich eine Arbeit zur Verfügung, durch welche Bewegung erzeugt werden könnte, während gerade kein Bedürfnis für dieselbe vorliegt. Verwenden wir diese Arbeit vorläufig, um eine Feder aufzuziehen, oder zwei gegen einander gezogene Körper zu entfernen, und stellen die Feder oder Körper an ihren Endlagen fest, so kann durch Auslösung (s. d.) der betreffenden Hindernisse jederzeit Bewegung und Arbeit erhalten werden. Wir machen z. B. bei Uhren Gebrauch davon.

Die erwähnten zwei Körper dürfen auch einander anziehende Weltkörper oder auf einander wirkende Atome sein. Die beim Loslassen erreichbare Geschwindigkeit gegen einander hängt von der zum Auseinanderziehen nötigen Arbeit ab. So kann ein gegen die Erde losgelassener Körper je nach der Entfernung, in welcher dies geschieht, Geschwindigkeiten bis etwa 1,5 Meilen annehmen, ein gegen die Sonne losgelassener Geschwindigkeiten bis 85 Meilen [17], S. 60, 167, 217. Wir nannten solche aufgespeicherte Energie oben potentielle oder allgemeiner virtuelle Energie im Gegensatze zu der als Bewegung erkannten aktuellen oder kinetischen Energie. Die Sonnenenergie bewirkt nun in den Pflanzen die Trennung chemisch verbunden gewesener Atome; sie wird in Form von Energie der Affinität (s. Verwandtschaft, chemische) aufbewahrt und kann dann jederzeit Verwendung finden, wenn wir die Atome Verbindungen eingehen lassen. In chemischen Verbindungen, bei welchen die frei werdende Energie als Wärme erscheint, besteht nach Lavoisier die Verbrennung. Wenn wir also die Kessel der Dampfmaschinen mit Holz, Torf oder Kohlen heizen, so verwandeln wir die Energie der Sonnenstrahlen, welche eine Zeit lang in der Pflanzenwelt auf Lager war, zunächst in die Heizwärme und dann in die mechanische Arbeit der Maschinen. Oel- und Gaslicht sind ebenfalls ehemaliges Sonnenlicht. Wie in der übrigen Natur, so finden auch in der Tierwelt keine Neuschaffungen von Energie, sondern nur Umwandlungen statt. Der eingeatmete Sauerstoff geht chemische Verbindungen mit Bestandteilen der Nahrungsmittel ein, die ehemalige Sonnenenergie der Nahrungsmittel erscheint wieder als tierische Wärme, tierische Arbeit und lebendige Kraft der tierischen Bewegungen. Ein Nordländer, welcher viel Wärme nach aussen abgibt, ein Matrose, welcher täglich angestrengt arbeitet, braucht also mehr Nahrung als der Bewohner der Tropen oder der Gefangene in seiner Zelle. Ist die Arbeitsleistung gegenüber dem Verbrennungsprozess zu gross, so tritt örtliche oder allgemeine Erschöpfung ein; ist das für die normale Körpertemperatur erforderliche Verhältnis zwischen Entwicklung und Ableitung der Wärme gestört, so haben wir es nach Mayer mit Fieberzuständen zu thun. Ueber den Wiederersatz der Sonnenenergie s. [3], [11], S. 46, 75, [13].

Man konnte sich fragen, ob nicht die Erhaltung der Energie als notwendige Folge rein mechanischer Gesetze, ohne Zulassung anderer als der hierdurch bedingten Formen von Energie darstellbar sei. In dieser Richtung mathematischer Formulirung ist zuerst Helmholtz vorgegangen [5]. Er nahm an, dass die Wirkungen aller Körper sich zurückführen lassen auf Kräfte zwischen unbeschränkt kleinen Massenpunkten, für deren je zwei Aktion und Reaktion numerisch gleich sind und durch gleichzeitige Wirkung anderer nicht gestört werden. Unter diesen Voraussetzungen ergeben die bekannten Beziehungen zwischen Kräften und Beschleunigungen das ältere Prinzip von der Erhaltung der lebendigen Kraft (s. unten) für den Fall, dass die erwähnten Kräfte in den Verbindungsgeraden wirken und nur von den Entfernungen abhängen (Zentralkräfte). Irrtümlich sah nun Helmholtz in dem Eintreten des Prinzips von der Erhaltung der lebendigen Kraft eine notwendige Voraussetzung für die Unmöglickeit eines perpetuum mobile oder die Erhaltung der Energie, wodurch die letztere an Bedingungen geknüpft wurde (Zentralkräfte), welche sich später nicht aufrecht erhalten liessen. Vergl. [12], S. 13, 21, u. [17], S. 227. Jedoch lässt sich aussprechen [12], S. 33, [17], S. 288:

Wenn ein beliebiges System von Massenpunkten $m\,(x, y, z)$ nur unter der Einwirkung innerer Kräfte (vergl. Materielles System) an jenen Punkten x, y, z steht und die Arbeit dieser Kräfte in jedem Zeitelement das vollständige Differential einer Funktion irgendwelcher Grössen darstellt, dann ist der Gewinn oder Verlust an aktueller Energie N stets gleich dem Verluste oder Gewinne an virtueller Energie U, die Gesamtenergie des Systems bleibt konstant, $N + U = C$.

Dagegen ist das Prinzip von der Erhaltung der lebendigen Kraft wie folgt ausgedrückt: Wenn ein beliebiges System von Massenpunkten $m\,(x, y, z)$ nur unter der Einwirkung solcher äusseren und inneren Kräfte an den Punkten x, y, z steht, deren Arbeit in jedem Zeitelement das vollständige Differential einer Funktion der Koordinaten von Systempunkten (des Potentials der Kräfte) darstellt, dann ist die lebendige Kraft des Systems zu allen Zeiten dieselbe, in welchen jene Systempunkte dieselben Lagen gegen das Koordinatensystem haben, wie auch die Bahnen und Geschwindigkeiten aller Punkte in der Zwischenzeit gewesen sein mögen. Wenn also, wie dies z. B. für das Universum gilt, nur innere Kräfte wirken, so ist das Prinzip von der Erhaltung der lebendigen Kraft an speziellere Voraussetzungen geknüpft als das Prinzip von der Erhaltung der Energie [12], S. 33, [17], S. 288.

Uebrigens ist die Giltigkeit des Prinzips von der Erhaltung der Energie ebenso wenig von dem Gelingen oder Misslingen seiner Rückführung auf die Beziehungen der reinen Mechanik abhängig wie die Giltigkeit des Prinzips von der

Erhaltung der Materie (Masse) von den wechselnden Ansichten über die Konstitution der letzteren. Die gewaltige Entwicklung der Naturwissenschaft und Technik infolge des Prinzips von der Erhaltung der Energie beruht nicht auf irgend einer mathematischen Formulirung oder mechanischen Auffassung desselben, sondern lediglich auf der von Mayer, Joule u. s. w. erlangten Erkenntnis, dass bei allen Vorgängen in der Natur die in Arbeitseinheiten messbare Energie ungeändert bleibt.

Litteratur: [1] Robert Mayer, Bemerkungen über die Kräfte der unbelebten Natur, Annalen der Chemie u. Pharmacie 1842, S. 233 (auch [17], Aufs. I). — [2] Mayer, Die organ. Bewegung in ihrem Zusammenhange mit dem Stoffwechsel, Heilbronn 1845 (auch [17], Aufs. II). — [3] Mayer, Beiträge zur Dynamik des Himmels, Heilbronn 1848 (auch [17], Aufs. III). — [4] Joule, Das mechanische Wärmeäquivalent, Braunschweig 1872 (erste Aufsätze darin von 1843 u. 1845). — [5] Helmholtz, Ueber die Erhaltung der Kraft, Berlin 1847 (auch Wissensch. Abhandlungen I, Leipzig 1882, mit Zusätzen, S. 12, 68, 76. 640). — [6] Bohn, Die Lehre von der Erhaltung der Kraft, München 1857 (Dissertation). — [7] Mach, Die Geschichte und die Wurzel des Satzes von der Erhaltung der Arbeit, Prag 1872. — [8] Tyndall, Fragmente aus den Naturwissenschaften, Braunschweig 1874 (I Das Grundgesetz der Natur, auch IV u. XIV). — [9] Dühring, Kritische Geschichte der allgemeinen Prinzipien der Mechanik, Leipzig 1877, S. 436 (1. Aufl. 1872). — [10] Grashof, Ueber die Wandlungen des Arbeitsvermögens im Haushalt der Natur und der Gewerbe, Sammlung Virchow-Holtzendorff, Nr. 288, Hamburg 1877 (vergl. Zeitschr. d. Ver. deutscher Ing. 1885, S. 161, und Theoretische Maschinenlehre III, Leipzig 1890, S. 1). — [11] Helmholtz, Vorträge und Reden I, Braunschweig 1884 (Ueber die Wechselwirkung der Naturkräfte, 1854, S. 25; Ueber die Erhaltung der Kraft, 1862, S. 147). — [12] Weyrauch, Das Prinzip von der Erhaltung der Energie seit Robert Mayer, Zur Orientirung, Leipzig 1885. — [13] Siemens, Ueber die Erhaltung der Sonnenenergie, Berlin 1885. — [14] Planck, Das Prinzip von der Erhaltung der Energie, Leipzig 1887. — [15] Weyrauch, Robert Mayer, der Entdecker des Prinzips von der Erhaltung der Energie, Stuttgart 1889 (Broschüre mit Darstellung des Prinzips). — [16] Gross, Ueber den Beweis des Prinzips von der Erhaltung der Energie, Berlin 1891. — [17] R. Mayer, Die Mechanik der Wärme, in gesammelten Schriften, mit historisch-litterar. Mitteilungen herausgegeben von Weyrauch, Stuttgart 1893. — [18] R. Mayer, Kleinere Schriften und Briefe, gesammelt und herausgegeben von Weyrauch, Stuttgart 1893 (der unter VII abgedruckte Briefwechsel mit Griesinger auch separat erschienen: Preyer, Robert v. Mayer über die Erhaltung der Energie, Berlin 1889). *Weyrauch.*

Energie, Zerstreuung derselben. Als Zerstreuung (Entwertung) der Energie wird die Ueberführung der letzteren in Zustände bezeichnet, in welcher sie weniger leicht in andere Formen umwandelbar ist. Da die Wärme nur beim Uebergange zwischen Körpern verschiedener Temperatur Arbeit leisten kann, so liegt in dem Aufheben von Temperaturdifferenzen eine Zerstreuung dieser Energie. Für lebendige Kraft bedeutet die Aufhebung von Geschwindigkeitsdifferenzen eine Zerstreuung der Energie.

Wird einem beliebigen materiellen System (s. d.) keinerlei Energie von aussen zugeführt oder entzogen, so ist nach Gleichung 1. unter Energie $dN + dU = 0$; die Zunahme der virtuellen Energie U (zu welcher auch die Wärme gehört) ist gleich der Abnahme der aktuellen Energie N (erkennbaren lebendigen Kraft). Da nun für die ganze Welt durch Reibung, Stoss u. s. w. fortwährend aktuelle Energie in virtuelle Energie, insbesondere in Wärme, übergeht, ohne dass entgegengesetzte Uebergänge in entsprechendem Masse stattzufinden scheinen, die Wärme aber stets von wärmeren nach kälteren Körpern zu gelangen strebt (vgl. Temperatur, Clausius'scher Grundsatz), so kam zuerst W. Thomson zu der Ansicht (On a universal tendency in nature to the dissipation of mechanical energy, Phil. Mag. 1852, Bd. IV, S. 304; auch Mathematical and physikal papers, Bd. I, Cambridge 1882, Aufs. 59 und 63), dass die Welt einem Zustande entgegenstrebe, in welchem alle umwandelbare aktuelle Energie aufgebraucht und in Wärme von gleicher Temperatur übergegangen sei (Maximum der Entropie, s. d.). Der Uebergang in diesen bis jetzt einer einwandfreien Begründung entbehrenden „Weltstillstand" (das Anwachsen der Entropie) wird häufig speziell als Zerstreuung der Energie bezeichnet. Litteratur s. Entropie. *Weyrauch.*

Energie der Bewegung. Man versteht hierunter im allgemeinen die grössere oder geringere Intensität oder Stärke, mit welcher die Bewegung erfolgt. Geschwindigkeit und Beschleunigung geben für einen Punkt die Energie der Bewegung an; der Geschwindigkeitszustand und der Beschleunigungszustand leisten dies für ein in Bewegung begriffenes System. Uebrigens wird der Ausdruck Energie auch im Sinne von „lebendiger Kraft" gebraucht. *Schell.*

Enfilirbatterie, s. unter Festungsbau.

Engelrot, s. Eisenrot.

Engler'scher Prober, s. Petroleum.

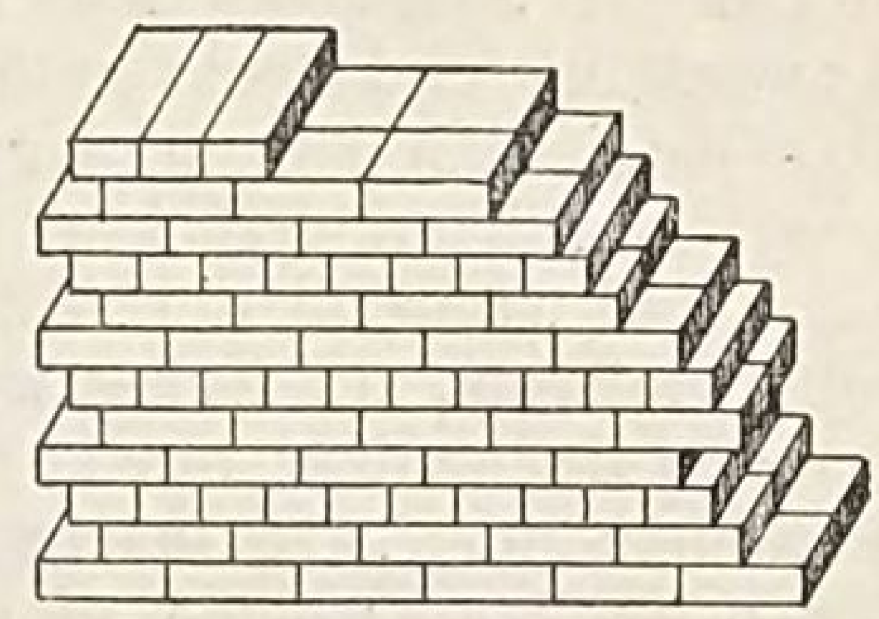
Englischblau, s. Pariserblau; auch s. v. w. Fayenceblau (s. d.).

Englische Bohrmethode, s. Tiefbohren.

Englische Naht, diejenige für Wirkwaren verwendete Naht, bei welcher der Nähfaden die Randmaschenstäbchen zweier Warenstücke durch Rückstiche mit einander verbindet.

Englischer Dachstuhl oder Binder, diejenige Form der Tragkonstruktion des Daches, welche sich hauptsächlich in England ausgebildet hat. Sie besteht aus geradlinigen oberen und unteren Streckbäumen und einem einfachen Dreieckzug von Füllungsgliedern und bildet das einfachst mögliche statisch bestimmte Fachwerksystem; s. Eiserne Dachkonstruktion, Bd. 3, S. 648 u. 654.

Englischer Lloyd, s. Schiffbau.



Englischer Verband entsteht dadurch, dass man abwechselnd ganze Schichten von Läufern und Bindern legt (s. Fig.). Es folgen auf eine Binderschicht auch häufig mehrere Läuferschichten, so dass die mittleren Fugen derselben auf einander fallen, was eigentlich der Verbandregel widerspricht; vergl. Handbuch der Architektur, Darmstadt 1884, Teil III, Bd. 1, S. 27. *L. von Willmann*

Englisches Gelb, Englisch Gelb, Turnersgelb, s. Casselergelb.

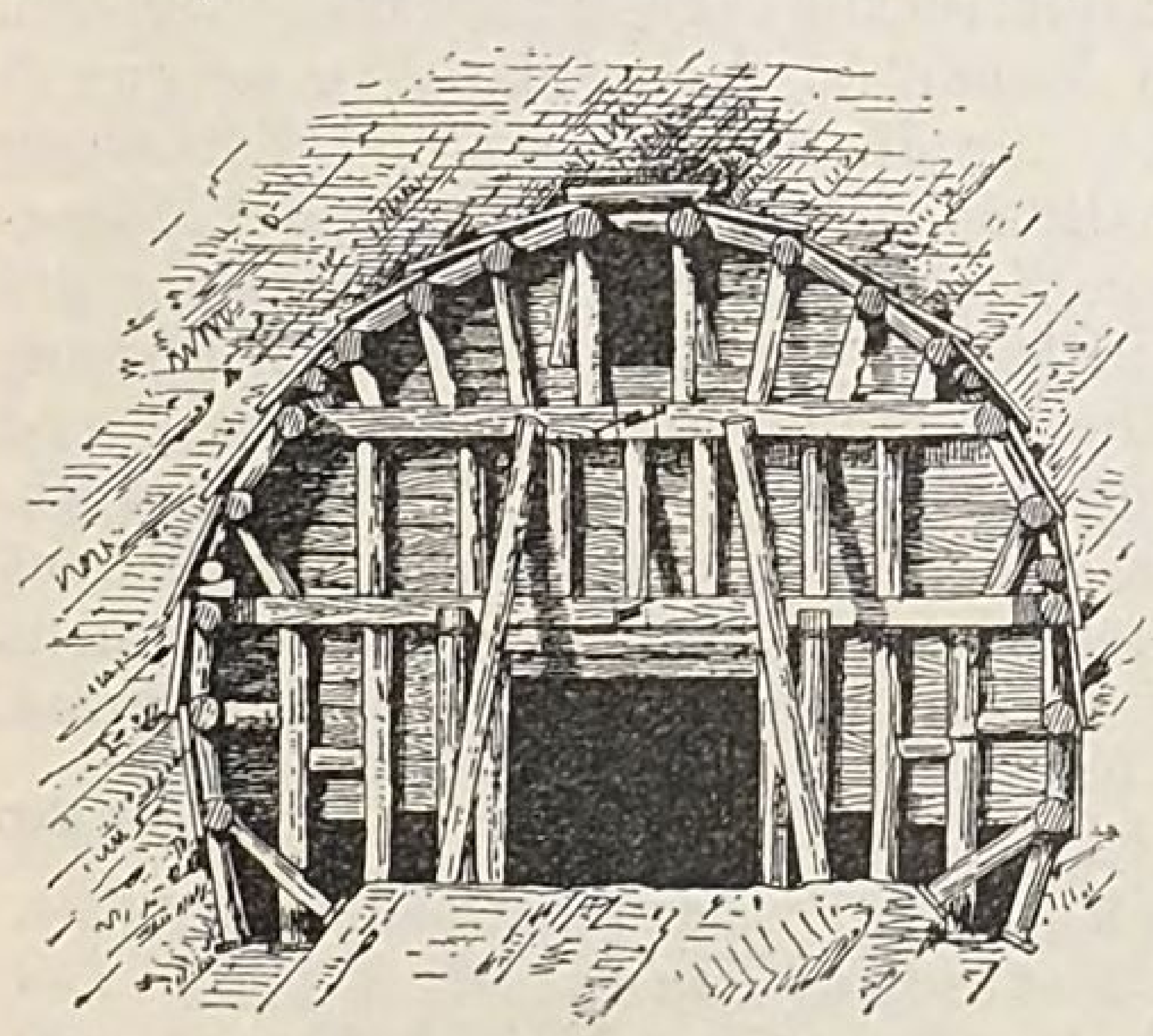
Englisches Mineralgrün, erbsengrüne Farbe mit einem Stich ins Blaue, sehr gut deckend, wird durch Schwefelwasserstoff geschwärzt und aus 4 Teilen Scheel'schem Grün, 4 Teilen durch Pottasche aus Kupfervitriol siedend gefälltem kohlensaurem Kupferoxyd, 1 Teil Bleizucker, 12 Teilen Bleiweiss und 6 Teilen Beizblau hergestellt. *Andés*

Englisches Patentweiss, weisse, aus England kommende Farbe, giftfrei, der Hauptsache nach aus schwefelsaurem Baryt bestehend, weil kristallinisch von geringer Deckkraft und daher kaum in der Praxis angewendet. *Andés.*

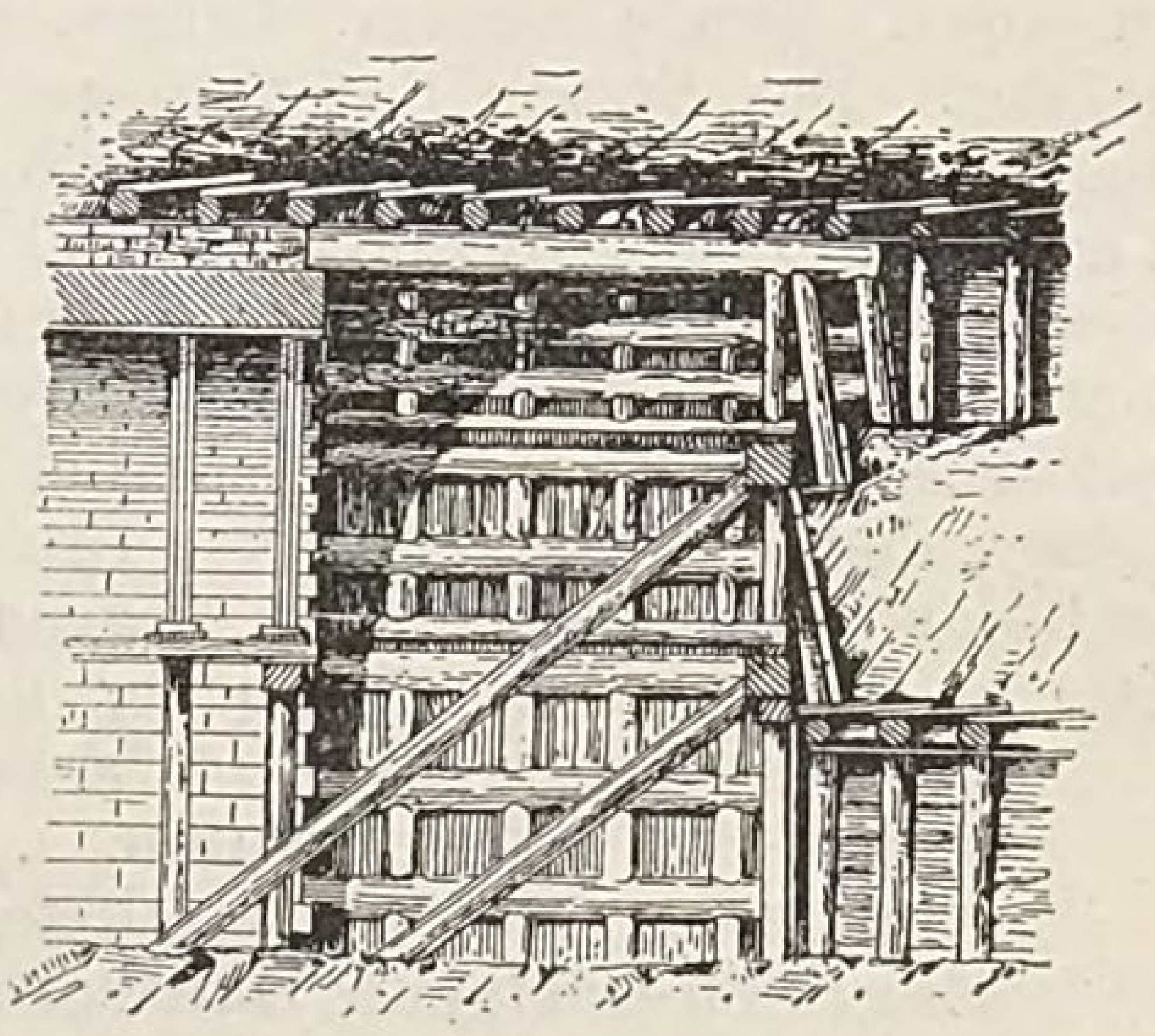
Englisches Spinnverfahren, Vorspinnverfahren (Vorbereitung) der Kammgarnspinnerei, welches bei dem Verfeinern Maschinen mit Flügelspindeln ohne selbständige Spulendrehung (Water-Prinzip) anwendet; s. Kammgarnspinnerei.

Englisches Steingut, s. Thonwaren.

Englisches Tunnelbausystem entwickelte sich beim Bau der ersten englischen Eisenbahntunnels, beeinflusst durch die Erfahrungen beim Bau des Brunel'schen Themsetunnels (s. Brunel'sches Tunnelbausystem, Bd. 2, S. 733). Wie bei dem letzteren, so strebte man auch bei dem Bau des



Querschnitt.



Längsschnitt.

Kilsby-Tunnels der London-Birmingham-Bahn 1834 darnach, das volle Profil des Tunnels auf einmal und zwar nur auf kurze Längen aufzuschliessen und den Umfang des so aufzuschliessenden freien Raumes durch kräftige, in der Längsrichtung des Baues vorgeschobene Hölzer, die Joch- oder Kronbalken zu sichern. Diese Jochzimmerung ist charakteristisch für das System geworden, welches sich damit prinzipiell von der Sparrenzimmerung des öster-

reichischen Systems unterscheidet. Sie gewährt einen guten Schutz und ermöglicht, wie gesagt, den Aufschluss grosser Räume, hat aber den Fehler, dass sich die starken, schwer zu bewegenden Hölzer an einer Stelle befinden, wo sie schwer hinzubringen sind, und dass ihre Auflage — einerseits auf dem frischen, eben fertig gewordenen Mauerwerk, andererseits auf dem Brustgebirge oder der dieses schützenden Zimmerung — eine unsichere, sowie dass Getriebezimmerung, d. h. ein Anstecken von Pfählen in Richtung des Baues hier nicht anwendbar ist. Aus diesen Gründen kann das System auch nur bei nicht zu gebrächem Gebirge zur Anwendung empfohlen werden. Bekanntere Beispiele für das System bieten der Saltwood- und Blechingley-Tunnel in England; seine hervorragendste Anwendung und sachverständigste Behandlung fand dasselbe aber beim Bau des Hauenstein-Tunnels in der Schweiz [1]. Da innerhalb eines in Bauangriff genommenen Tunnelstückes während der Ausschachtung nicht gemauert werden kann und während der Aufführung des Mauerwerks die bergmännischen Arbeiten ruhen müssen, da ferner wegen der Tragfähigkeit der in ihrer Mitte nicht unterstützten Jochhölzer nur kurze Längen in dieser Weise gleichzeitig aufgeschlossen werden können, so macht sich eine Inangriffnahme des Tunnels an möglichst vielen Stellen, welche eine abwechselnde Thätigkeit der Mineur- und Maurerkolonnen ermöglichen, nötig und es erfordert daher die Anwendung des Systems, die vorgängige Ausführung eines wegen der Kommunikation zwischen den einzelnen Arbeitsstellen nicht zu engen Sohlstollens und die Anordnung eines Aufbruchbetriebes (s. d.). Die Erweiterung zum vollen Profil beginnt von einem Scheitelstollen aus, in welchem zunächst die obersten Joche eingebracht bezw. vorgeschoben werden und der allmälich nach beiden Seiten unter fortgesetztem Einbau der Jochhölzer erweitert und nach unten zu abgebaut wird, wobei die aus der Figur ersichtliche Brustzimmerung entsteht. Bedenklich ist hierbei das Auftreten starken Brustdruckes, der durch schräg gestellte Streben auf das rückwärtige Mauerwerk abgefangen werden muss. Die Aufführung der Mauerung erfolgt von unten her, beginnt also konstruktiv richtig mit Herstellung des Sohlgewölbes bezw. der Fundamente — ein wesentlicher Vorteil des Systems, welches noch heute in der beschriebenen Weise in England überall dort angewendet wird, wo das Gebirge hinreichenden Zusammenhang besitzt. Beim Bau der Rhein-Nahebahn und verschiedenen neueren preussischen Tunnelbauten ist das System durch Einbau von Mittelgespärren unter die Joche erheblich verbessert worden; beim Bau des Ender-Tunnels in Westfalen hat das Bestreben einer weiteren Verbesserung durch Anwendung eiserner Längsträger in der Mitte des Profils, gegen welche die Jochhölzer mittelst Sparrenzimmerung abgestützt wurden, zu einem eigenen System, demjenigen von Menne (s. Armirte Zimmerung) geführt. Das System bietet grosse Vorteile für die Gewinnung und Förderung des Gebirges, gute Ventilation und Wasserhaltung, richtige Ausführung des Mauerwerks in grossem, freiem Raum und in einem Zuge, wenn auch die Belastung des frischen Mauerwerks durch die Joche und Streben der nächstfolgenden Bölzung nicht gerade vorteilhaft ist. Als wesentliche Nachteile, die freilich zumeist erst mit stärkerem Druck auftreten, sind die Schwierigkeiten beim Ziehen der Jochhölzer, die Entwicklung starken Brustdruckes, der Mangel einer Längsverbindung und die Unmöglichkeit der Anwendung von Getriebezimmerung zu bezeichnen. Das System empfielt sich daher nur bei verhältnismässig festen Gebirgsarten.

Litteratur: [1] Pressel u. Kauffmann, Der Bau des Hauenstein-Tunnels, Basel 1860.

von Oer.

Englische Tüllgardinen, s. Bobbinet.

Englische Weiche, veralteter Ausdruck für Kreuzungsweiche.

Englisch-gotische Bauweise, s. Gotischer Baustil.

Englischgrün, gut deckende, jedoch sehr giftige Malerfarbe, arsenikessigsaures Kupferoxyd in nicht kristallisirter Form. — Auch Bezeichnung für die durch Mischen von Chromgelb mit Berlinerblau erhaltene Farbe.

Englisch Leder, s. Weberei und Wirkerei.

Englischrot, s. Eisenrot.

Engobe, Engobiren. Unter Engobe versteht man einen Beguss, der auf ungebrannte Thonwaren aufgebracht und festgebrannt wird. Der Beguss

besteht aus einem feinen Thonschlamm, der in der Regel zu dem Zweck auf die Oberfläche des Werkstücks gegeben wird, um dieselbe gleichmässiger zu färben, als dies ohne einen solchen Ueberzug möglich wäre. Bisweilen wird die Engobe auch dazu verwendet, um der Oberfläche des Werkstücks eine andere Brandfarbe zu geben; letzteres ist namentlich dann der Fall, wenn die betreffende Thonware z. B. Friesplatte, mehrere Farben aufweisen soll. Die Oberfläche der fertigen Engobe ist dabei immer stumpf, nicht glänzend wie die Glasuren (s. d). — Das Engobiren geschieht in der Weise, dass die zu engobirenden Waren entweder in die Thonschlämpe eingetaucht oder dass dieselben mit der Schlämpe begossen oder bestäubt werden. Der Flüssigkeitsgrad dieser Thonschlämpe ist einerseits abhängig von der Trockenheit, mit der die zu engobirenden Waren eingetaucht oder begossen werden und andererseits von der Deckkraft der Engobe selbst. Will man, wie es bisweilen der Fall ist, die dunkle Brandfarbe eines Scherbens durch eine helle Farbe verdecken, so wird die deckende Schicht stärker sein müssen als da, wo man auf eine helle Brandfarbe eine intensiv dunkle Farbe geben will. — Zuweilen engobirt man die Waren so, wie sie von der Presse oder vom Former kommen; es hat dies den Vorteil, dass die Engobe schon bei dem Trockenprozess fester haftet, die Verbindung derselben mit der Grundmasse, also nicht bloss durch das Feuer zu bewirken ist. Glatte Friesplatten etc., die eine Musterung durch die Engobe erhalten sollen, werden mittelst Schablonen, Reliefplatten freihändig bemalt, wobei in letzterem Falle in der Regel die Vertiefungen der Platte die Engobe erhalten, während die reliefirten Teile die Brandfarbe des Rohmaterials zeigen. Auf diese Weise lassen sich recht schöne Erfolge erzielen. — Als Grundsatz beim Engobiren ist festzuhalten, dass der hierzu verwendete Thon in seinem Charakter sich den Eigenschaften der Grundmasse möglichst anpasst, dass derselbe also dieselbe Schwindung sowohl beim Trocknen als auch beim Brennen besitzt und nahezu dieselbe Temperatur zum Garbrand erfordert wie die Grundmasse.

Litteratur: Mitteilungen über Engoben finden sich in B. Kerl, Handbuch der gesamten Thonwaren-Industrie, 2. Aufl., Braunschweig 1879, S. 241, sowie vielfach in der periodischen Litteratur verstreut, so z. B. in den Mitteilungen über die Verhandlungen des deutschen Vereins für Fabrikation von Ziegeln, Thonwaren, Kalk und Zement und des deutschen Ziegler- und Kalkbrenner-Vereins, die in den Notizblättern dieser Vereine veröffentlicht sind, Jahrg. 1865 bis heute. *Dümmler.*

Engströms Tutania, s. Zinnlegirungen.

Enkaustik, die im Altertum gebräuchliche Malerei mit Wachsfarben. Es wurden verschieden gefärbte Wachsfarben zuerst leicht geschmolzen und hierauf im dickflüssigen Zustand mit einem Spatel auf eine Holztafel aufgetragen. Bei nebensächlichen Gegenständen scheinen aber auch dünnflüssige Wachsfarben mittelst Pinsel in mehr flüchtiger Weise aufgetragen worden zu sein. Das mit dem Spatel aufgetragene Bild zeigte vortretende Ränder und Unebenheiten, welche mit einem glühend gemachten Eisen, das man dem Bilde entsprechend näher brachte, abgeschmolzen wurden. Zugleich wurden die Farben dadurch in den Grund eingebrannt und mit einander verbunden. Vor circa zwei Jahren machten sehr interessante, durch dieses Verfahren hergestellte, in Aegypten gefundene, aus spätgriechischer Zeit stammende kleine Tafelbilder die Runde in Europa.

Litteratur: Cros et Henry, L'encaustique et les autres procédés de peinture chez les anciens, Paris 1884. — Donner, Die erhaltenen antiken Wandmalereien in technischer Beziehung, Leipzig 1869. *v. Schubert-Soldern.*

Enkaustiren, Behandeln von Gipsabgüssen mit flüssig gemachtem Stearin oder Wachs oder auch Paraffin, in welches sie nach dem Erwärmen auf 80—85^0 C. eingetaucht und nach 3—4 Minuten herausgenommen und abgebürstet werden. Die Färbung lässt sich beliebig erzielen, indem man fettlösliche Pflanzenfarbstoffe der schmelzenden Masse zufügt.

Enkaustische Firnisse für matte Lackirungen sind Verseifungen von Carnaubawachs mit einem kohlensauren Alkali, die mit dem Pinsel aufgetragen und durch Bürsten oder Reiben geglänzt werden.

Enke'sches Gebläse, s. Kapselgebläse.

Enkrinitenkalkstein oder Trochitenkalkstein wird ein mit Stielgliedern von Enkriniten (Seelilien) angefüllter Kalkstein genannt. Er bildet in

wechselnder Mächtigkeit (bis zu 30 m) die untere Abteilung der oberen Muschelkalkformation im ausseralpinen Deutschland und ist meist hellgelb oder -grau, kristallin bis dicht, grobbankig und ziemlich rein, zuweilen dolomitisch. Die Kalksteine werden zu allen möglichen Zwecken benützt, zur Mörtelbereitung, als Baumaterial, zur Düngung, als Zuschlag in Eisenhütten u. s. w. Der Trochitenkalk von Dissen (Hannover) besitzt eine Druckfestigkeit von 594 kg auf 1 qcm und nimmt 0,50 % Wasser auf. Manche Enkrinitenkalke in Hannover und Westfalen werden auch als Marmore verwendet und polirt. *Leppla.*

Enlevagen, s. Aetzfarben.

En-pate-Farben, Teigfarben, Buntpapierfarben, speziell zur Herstellung von Buntpapieren und Tapeten dienend, von den Farbenfabriken in Form einer ziemlich steifen Pasta, aus Farbkörper und Wasser bestehend, in den Handel gebracht, werden vor ihrer Anwendung mit einem Bindemittel und Wasser versetzt und dann mit Pinseln oder Bürsten auf das Papier aufgestrichen, bei Tapeten aufgedruckt. Als en-pate-Farben können sowohl natürliche als künstliche Mineralfarben, als auch Lackfarben dienen; feinste Verteilung und möglichst geringer Wassergehalt sind Bedingungen bei ihrer Anwendung. *Andés.*

Ensilage ist die unter- oder oberirdische Konservirung von Grünfutter. Besonders in feuchten Herbsten kommt es oft vor, dass grosse Mengen von Klee, Mais, Gras, Rübenblättern etc. anfallen, welche nicht mehr verfüttert oder gedörrt werden können. In solchen Fällen sind folgende Verfahren möglich:

a. Unterirdische Ensilage. Das Material wird in womöglich ausgemauerten Gruben von ca. 1,5 m Tiefe und 3 m Breite möglichst dicht eingepackt, gleichmässig gelagert und so fest als möglich gestampft, dabei wird über den Rand der Grube ca. $^3/_4$ m hoch aufgebaut, mit Erde bedeckt und, wenn die Masse sich gesetzt hat, die Erdschicht auf ca. 80 cm erhöht und später sich bildende Ritzen zugestampft. Hauptsache ist der Abschluss der Luft durch feste Pressung, um eine Essig- und Milchsäuregärung zu ermöglichen, durch welche Schimmelpilze und Bakterien getötet werden. Nach $2^1/_2$—3 Monaten ist das Futter vergoren. Der Verlust an Nährstoffen schwankt zwischen 8—26 %. Bei der Goffart'schen Methode wird das Futter auf ca. 2 cm Länge geschnitten, in Erdgruben eingestampft und nach Auflegen einer Strohschicht und Bretterlage mit ca. 500 kg pro qm beschwert. Nach ca. $1^1/_2$ Monaten ist die Gärung beendigt, der Verlust etwas geringer als oben angegeben.

b. Oberirdische Ensilage. Hierzu wird auf einem für Zu- und Abfahrt geschickten, völlig ebenen Platz die Masse zu einem am besten viereckigen Haufen aufgesetzt, wobei vier senkrecht eingesetzte Stangen als Anhaltspunkte dienen. Das Futter wird in frischem oder, wenn es sehr saftig ist, wenig abgewelktem Zustand beigeführt, ganz gleichmässig, Schicht für Schicht aufgebaut, wobei die Wände senkrecht zu halten sind. Die Masse, welche sich rasch erwärmt, ist sodann auf der Temperatur von 55—60° C. längere Zeit hindurch zu halten, um eine reine Milchsäuregärung durchzuführen. Je lockerer die Masse sitzt, desto rascher und stärker wird sie sich erwärmen, je fester, desto mehr wird durch den verminderten Luftzutritt die weitere Erwärmung verhindert. Zur Regulirung der Temperatur bedient man sich einer am besten selbstthätigen Presse. Ist der Haufen auf 1,5—2 m aufgebaut, so wartet man 2—3 Tage, bis die Masse ca. 55° C. im Innern zeigt, was durch Einstossen und Ablesen des Thermometers ermittelt wird (s. Fig. 2). Hierauf verdeckt man den verebneten Haufen mit starken Dielen (s. Fig. 1), legt einen Spannbalken darüber und setzt die einfache Hebelpresse (Patent Blunt) durch Beschweren der Steinkasten in Thätigkeit. Die Masse setzt sich und nach Verminderung der Temperatur kann abgedeckt und neues Material aufgeschichtet werden. So wird fortgefahren bis zur Höhe von 4—5 m. Hauptsache ist, täglich die Temperatur zu kontrolliren und sie durch Anziehen oder Nachlassen der Presse ständig

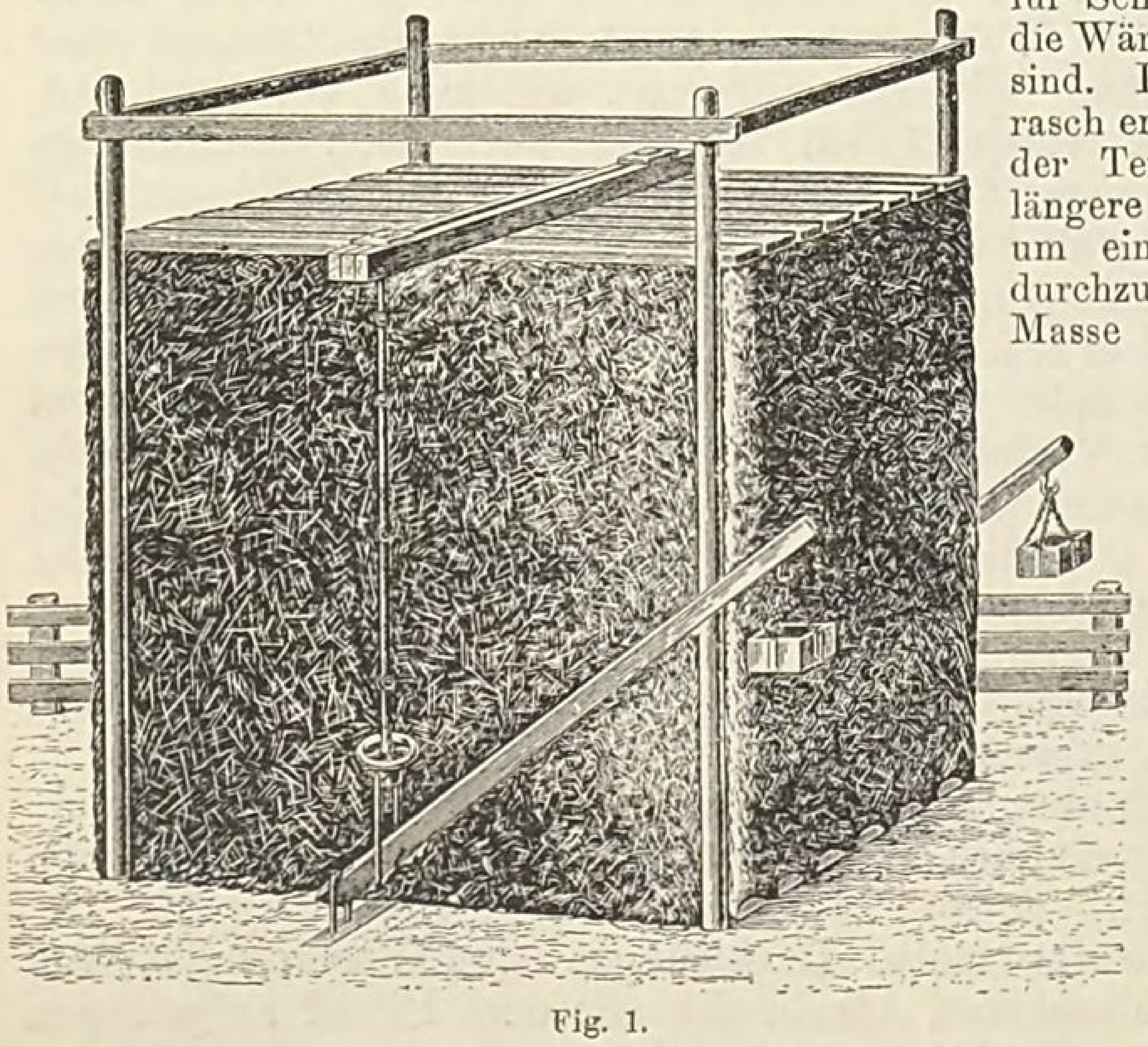


Fig. 1.

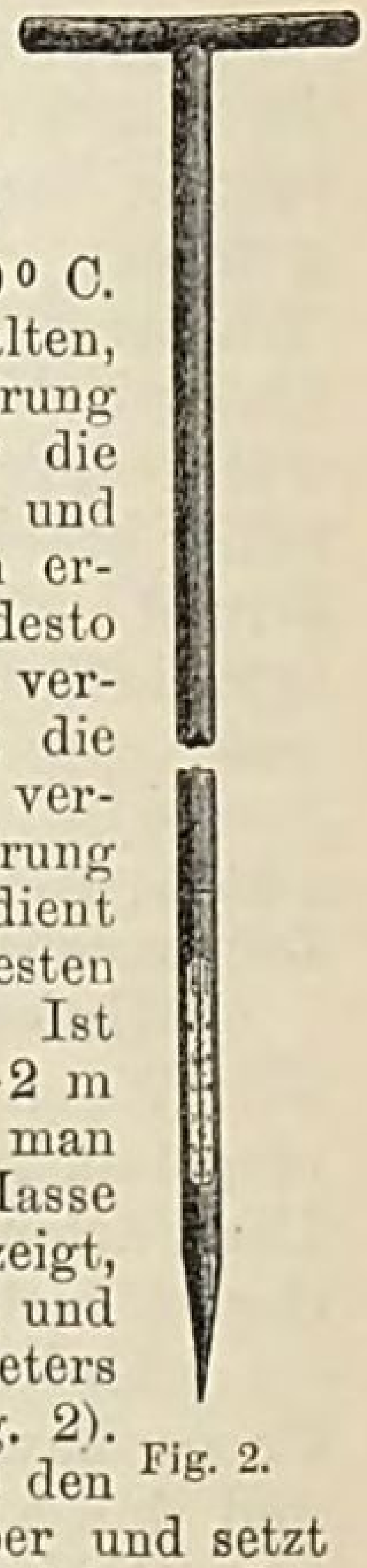


Fig. 2.

durch Wochen hindurch auf der Höhe von 55—60 ° C. zu halten. Nach zwei Monaten ist die Gärung beendet; man erhält ein sehr gutes „Süsspressfutter", sofern mit der nötigen Sorgfalt verfahren wurde. Immerhin sind aber die Verluste nicht unbedeutend durch Verschimmeln oder Faulen der äussersten Partien und durch die Gärung selbst. Die ersteren betragen 15—27 % des Gewichtes, die letzteren sind verschieden und belaufen sich ungefähr ebenso hoch.

Genauere Anhaltspunkte, besonders auch über die in der Futtermasse vorgehenden Veränderungen gibt der Bericht von Prof. Albert-Halle (Jahrbuch der deutschen Landwirtschaftsgesellschaft, Berlin 1891), in welchem auch die verschiedenen Ensilage-Pressen beschrieben sind. *Strebel.*

Enstatit, s. Augit.

Entasis bedeutet die an allen antiken Säulen vorgefundene Ausbauchung des Schaftes (s. Säule).

Enten- und Gänseställe, s. Federviehställe.

Entfärben, im allgemeinen s. v. w. Bleichen, im engeren Sinne die Entfernung von färbenden Substanzen aus Flüssigkeiten. Zu letzterem Zweck bedient man sich entweder der Pflanzenkohle, deren Entfärbungsvermögen zuerst von Lowitz erkannt wurde, oder der tierischen Kohle, von welcher Kehl 1793 nachwies, dass sie die Pflanzenkohle an entfärbender Kraft übertrifft. Die Kohle muss in fein verteiltem Zustande benützt werden, weil ihre entfärbende Wirkung auf der Oberflächenanziehung beruht. Die Tierkohle absorbirt ausser Farbstoffen auch Extraktivstoffe, Alkaloide und Metalloxyde. Man digerirt die zu entfärbende Flüssigkeit mit der fein gepulverten Kohle einige Zeit und filtrirt. Zur Erzielung völliger Entfärbung muss die Operation zuweilen mehrfach wiederholt werden. Frisch gefälltes Schwefelblei, Eisenhydroxyd, chromsaures Kali etc. werden ebenfalls zum Entfärben benützt. Die Entfärbung von Oelen gelingt oft schon, wenn man sie der Einwirkung des direkten Sonnenlichtes aussetzt. Die entfärbende Eigenschaft der Tierkohle ist im grossen besonders in der Zuckerindustrie (s. Zucker) verwendet worden; doch ist jetzt vielfach an die Stelle der Filtration über Knochenkohle die Filtration über Kies oder Sand getreten.

Entfaserung des Holzes in der Papierfabrikation bei Herstellung des Holzzeuges (s. d.) derjenige Prozess, durch welchen entsprechend vorbereitetes Holz durch Anpressen an einen bewegten Schleifstein in kleine Fasern zerteilt wird.

Entfernung von Punkten (geodätisch) ist der kürzeste Abstand ihrer Lotlinien gemessen auf der mathematischen Erdoberfläche (Vermessungshorizont), allgemein dem Meereshorizont, s. auch Erde. Ist der Vermessungshorizont (die Berechnungsfläche) eine Ebene, wie z. B. in der Feldmessung, so ist die Entfernung eine gerade Linie, ist derselbe eine Kugel, so ist die Entfernung ein Grosskreisbogen, ist derselbe ein Ellipsoid, so ist die Entfernungslinie ein Ellipsoidschnitt.

Bei der Ebene und Kugel ist damit die Entfernung eindeutig bestimmt; beim Ellipsoid (oder Sphäroid) fallen aber die gegenseitigen Lotebenen zweier Punkte nicht zusammen. Diese Abweichung kommt bei geodätisch messbaren Entfernungen (Dreiecksseiten bis zn 60—80 km) praktisch nicht in Betracht. Bei sehr grossen Entfernungen dagegen ist zu unterscheiden zwischen den durch die Lotebenen bestimmten Schnitten mit der Berechnungsfläche und der auf dem Sphäroid abgesteckten kürzesten Verbindungslinie der Punkte, der sogen. „geodätischen Linie". — (S. Sphärische und sphäroidische Triangulirung.)

Die Entfernung zweier Punkte kann gewonnen werden durch Berechnung und Messung.

Durch Berechnung ergibt sich die Entfernung aus den die Lage der Punkte angebenden Koordinaten (ebenen, sphärischen, sphäroidischen, geographischen, die durch entsprechende Punktbestimmungen gewonnen sind) oder sie wird aus Karten entnommen. Hierbei ist demnach zu beachten, dass die aus Koordinaten berechneten und aus Karten entnommenen Entfernungen sich stets auf den Berechnungs- bezw. Vermessungshorizont beziehen. Linien E_{α}. welche gegen den Vermessungshorizont eine Neigung α haben, werden als „geneigte" oder „schiefe Entfernungen" bezeichnet, während man schlechtweg unter „Entfernung" stets die „horizontale" E versteht; bei ebenem Vermessungshorizont besteht die Beziehung $E = E_{\alpha} \cos \alpha$.

Die Messung von Entfernungen kann geschehen durch Distanzmesser (s. d.), unmittelbare Längenmessung (s. d.) oder auch Entfernungsschätzung (s. d.). — Geneigte, schief gemessene Entfernungen werden nach der genannten Beziehung auf die Horizontale projizirt (s. Distanzmesser, Längenmessung); nicht im Berechnungshorizont (Meeresspiegel) gemessene Entfernungen sind gegebenen Falls auf diesen zu projiziren (s. Basis). Bei Vermessungen erfolgt diese Projektion durch den Anschluss der unmittelbaren Längenmessungen an die trigonometrischen Punktbestimmungen (s. d.) gewissermassen selbstthätig.

Im Sprachgebrauch wird unter Entfernung auch kurzweg der unmittelbare Abstand von Punkten auf der physischen Erdoberfläche verstanden, ohne ihre Lage zur Projektionsfläche in Betracht zu ziehen. *Reinhertz.*

Entfernungsmesser, s. Distanzmesser.

Entfernungsschätzung. Das Auge unterscheidet die verschiedenen Entfernungen, in welchen ein Gegenstand sich befindet, nach dem Gefühl der bei der Beobachtung notwendigen Akkommodationsanstrengung, dem Gefühl für die Konvergenz der Sehaxen der beiden Augen, ferner nach dem auf Grund von Erfahrung bekannten Eindruck, den Gegenstände in verschiedenen Entfernungen hervorrufen, und nach dem Sehwinkel, bezw. der scheinbaren Grösse. Diese verschiedenen Messelemente unterstützen sich gegenseitig; von der durch Uebung zu gewinnenden Erfahrung in der Vergleichung der Eindrücke, Sehwinkel und scheinbaren Grössen hängt die Zuverlässigkeit der Schätzung ab (vergl. Augenmass, Bd. 1, S. 514).

Die scheinbare Grösse und der Eindruck, den genau bekannte Gegenstände, im ganzen wie in ihren Teilen, in der Farbenwirkung u. s. w. (z. B. trigonometrische Signale, Fluchtstäbe, Nivellirlatten, Menschen, Soldaten, Uniformstücke, Pferde, Geschütze, marschirende Abteilungen, auch Bäume, Häuser, Fenster u. s. w.) in verschiedenen Entfernungen machen, liefern bei gleichartigen Verhältnissen und häufigen, andauernden (nicht durch längere Pausen unterbrochenen) Vergleichungen, wie z. B. bei geometrischen Feldarbeiten, Gefechts- und Schiessübungen einen ziemlich zuverlässigen Vergleichsmassstab. Bei wechselnden Verhältnissen dagegen, stark bedeckten und unebenen Gelände (mit Schluchten, Wasserflächen u. s. w.) bei ungünstiger Beleuchtung (Regen, Nebel), besonders aber auch nach längerer Unterbrechung der Uebung können selbst grobe Irrtümer vorkommen. Ein weiteres Mittel ist die Ausmessung der zu bestimmenden Entfernungen mit Strecken, welche dem Augenmass genau bekannt sind, oder fortgesetztes Halbiren der Entfernung, bis der aliquote Teil einer bekannten Strecke entspricht. Das gleiche Verfahren findet Anwendung, wenn sich das Auge nicht in einem Endpunkte der zu bestimmenden Entfernung befindet. In diesem Falle ist die Schätzung ziemlich zuverlässig, wenn die Entfernung rechtwinkelig, aber sehr trügerisch, wenn sie schief zur Ziellinie liegt. Die Entfernungsschätzung lässt sich durch manche Mittel unterstützen, wie z. B. neben den oben genannten noch dadurch, dass im Endpunkte einer zu schätzenden unbekannten Entfernung eine dem Augenmasse bei verschiedenen Entfernungen bekannte Grösse (z. B. 100 m, 1000 m) rechtwinkelig abgesetzt und mit der zu schätzenden Entfernung verglichen wird, um auf dem Wege der Richtigstellung dieses Verhältnisses das Urteil zu bilden. Die Entfernungsschätzung ist eine Erfahrungssache, sie bedarf einer sorgfältigen methodischen Ausbildung mit zahlreichen Uebungen, die besonders auf die richtige Erkennung und Beurteilung störender Einflüsse (wechselnde Beleuchtung, Durchsichtigkeit der Luft, Bodenform, Bodenbedeckung) Rücksicht zu nehmen haben. Die Uebungen haben mit kleinen Entfernungen zu beginnen und sind erst dann auf grössere auszudehnen. Dabei sind die geschätzten Entfernungen mit genau bekannten zu vergleichen, welche bei kürzeren durch Abmessen oder Abschreiten gewonnen werden, bei grösseren aus Karten zu entnehmen sind. Es ist erforderlich, dass in demselben Gelände mit verschiedenen Entfernungen, und mit gleichen Entfernungen in verschiedenen Geländen wiederholte Uebungen stattfinden, und besonders auf die Beseitigung regelmässiger Fehler (stets zu gross oder klein schätzen) zu achten. *Reinhertz.*

Entfetten, beim Galvanisiren, die Entfernung der Fettschicht (Anlauf) von den durch Schleifen, Poliren oder Beizen und Brennen vorbereiteten Waren. Kupfer, Messing, Tombak, Neusilber, Rotguss etc. werden nach der Behandlung mit der Gelbbrenne (s. d.) in einer heissen Cyankaliumlösung, die mit Wasser (1:5) verdünnt ist, tüchtig gespült und, nachdem sie in reinem Wasser abgespült und mit einem dünnen Kalkbrei gebürstet sind, nochmals in Wasser gespült und sodann direkt galvanisirt. Eisen und Zink zieht man durch eine heisse Sodalauge, spült in reinem Wasser und hängt sie nach sorgfältigem Bürsten mit Kalkbrei und nochmaligem Abspülen in das betreffende Bad. Alle Waren, denen noch Schleif- oder Polirschmutz anhaftet, werden vorher hiervon in heisser Aetznatronlauge befreit. In letzterem Falle fällt die Sodalauge für Eisen- und Zinkwaren fort. Das Entfetten ist die Grundbedingung für jede galvanische Arbeit, da auf einem fettigen oder oxydirten Gegenstand nie ein Metallniederschlag haftet.

Entfetten der Seide, s. Assoupliren. *Liebetanz.*

Entflammung, s. unter Explosion.

Entglasung, zuerst von Réaumur 1727 beobachtete eigentümliche Veränderung des Glases, wenn es 24—48 Stunden lang auf einer seinem Schmelzpunkt naheliegenden Temperatur erhalten und sodann möglichst langsam abgekühlt wird. So behandeltes Glas wird porzellanähnlich (daher auch die Bezeichnung Réaumur'sches Porzellan), d. h. weiss und undurchsichtig, besitzt deutlich kristallinische (nadelförmige) Struktur, ist härter und dabei weniger spröde als gewöhnliches Glas, ein schlechter Wärme-, aber verhältnismässig guter Elektrizitätsleiter. Die Ursachen der Entglasung sind noch nicht sicher erkannt. Nach den

einen ist die Erscheinung auf die Ausscheidung von kristallisirter Kieselsäure und von feldspatartigen Kristallen zurückzuführen, nach anderen wird sie durch Fluor oder überschüssigen Kalk hervorgerufen.

In der Geologie nennt man Entglasung die aus einem amorphen, nichtkristallisirten Glasfluss hervorgehende Bildung von kristallisirten, aber nicht sicher erkennbaren Substanzen. Während das amorphe Glas keinerlei Wirkung auf das polarisirte Licht zeigt, lässt sich die Gegenwart von Entglasungsprodukten im Glas gerade durch ihre Einwirkung auf polarisirtes Licht erkennen. Der molekulare Vorgang der Entglasung liefert demnach Substanzen mit verschiedenen Elastizitätsverhältnissen in verschiedenen Richtungen, während die Masse des Glases nach jeder Richtung hin gleichmässig angeordnete Glasmoleküle zeigt. *Leppla.*

Entgleisung von Eisenbahnfahrzeugen, s. Unfälle im Eisenbahnbetrieb.

Entgleisungsweiche, s. Ablenkungsweichen.

Entgranner, s. Dampfdreschmaschine.

Entkernen der Baumwolle, s. unter Baumwollspinnerei.

Entkletten der Wolle, s. Streichgarnspinnerei.

Entladefrist, s. Güterverkehr.

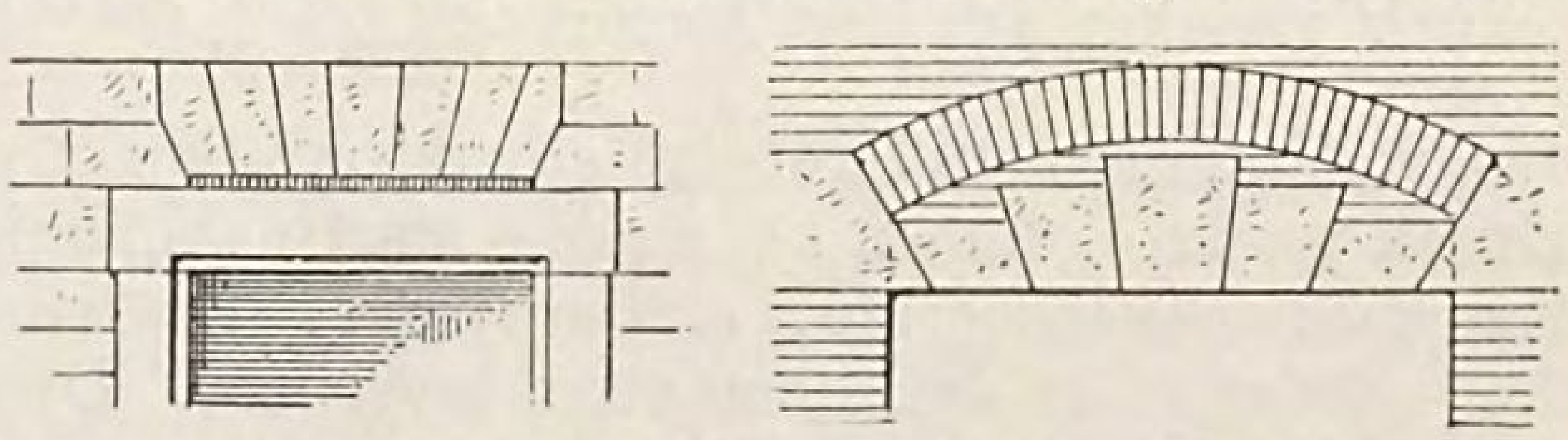
Entlader, s. Schiffsgeschütze.

Entlader, Bunsens und H. W. Vogels, s. Spektralanalyse.

Entlasten, einen Druck oder eine Belastung aufnehmen und auf feste Stützen übertragen; man erreicht dies durch Mauerbogen, durch Eisenträger oder durch eine schräge Absteifung.

Entlastungsanlagen heissen im Wasserbau alle jene Vorkehrungen, welche das Ansteigen des Wasserstandes über eine gewisse Höhe verhüten sollen. Hieher gehören z. B. die Hochwasserüberfälle bei Stauweihern, die Streichwehre bei Kanälen, die Ueberlaufvorrichtungen in Hochreservoiren etc.

Entlastungsbogen (Ablastebogen) kommt meist über einem Thür- oder Fenstersturz, aber auch über flachen und scheitrechten Bögen zur Anwendung, um den Druck der auflagernden Mauermasse von dem Hausteine oder dem Bogen abzuhalten. Dabei genügt es, die Weite des Entlastungsbogens gleich der Weite der Lichtöffnung zu machen, wodurch noch ein Verband des Sturzes mit dem Mauerwerk erreicht wird (s. nebenstehende Figuren). *Weinbrenner.*



Entlastungsgraben, der Ableitungskanal, welcher die von den Entlastungsanlagen abgegebenen Wassermengen einem tiefer gelegenen Rezipienten zuführt.

Entlastungskanäle dienen zur Entlastung enger Flussstrecken bei Hochwasser und sind gewöhnlich aus einem alten Nebenarm des Flusses hervorgegangen, welcher von dem eigentlichen Flussbett durch ein Wehr abgeschlossen ist und nur bei höheren Wasserständen in Wirksamkeit tritt. Insbesondere sind solche Kanäle am Platze in der Nähe von Städten, wo die Erweiterung des Hochwasserprofils wegen der bebauten Ufer nicht zulässig ist (Breslau, Magdeburg, Hannover). Vergl. a. Hochwasserkanal, Umflutkanal. *Frühling.*

Entlastungsring, Entlastungsschieber, s. Steuerungen und Schiffsmaschine.

Entlaufen von Wagen, s. Entrollen.

Entleerungsventile, s. Ablassventile.

Entleerungsvorrichtungen, s. Ablassvorrichtungen.

Entlüftungshahn, s. Schiffskessel.

Entoptische Erscheinungen heissen Netzhautbilder (s. Auge), welche nicht äusseren Gegenständen entsprechen, sondern durch Gegenstände und Vorgänge im Auge selbst hervorgerufen werden; die bekanntesten sind die mouches volantes. Vergl. Reis, Lehrb. d. Physik, 8. Aufl., Leipzig 1893, S. 435. *Aug. Schmidt.*

Entresol (Mezzanin), Zwischengeschoss, ein niedrigeres Geschoss zwischen zwei Stockwerken, im Palastbau insbesondere der Dienerschaft als Wohnung zugewiesen, in neuerer Zeit auch vielfach im Zinshausbau angewendet.

Entretonnoir, s. Seidenspinnerei.

Entrinden des Holzes ist eine in der Papierfabrikation bei der Herstellung des Holzzeugs zur Ausführung gebrachte Vorarbeit, durch welche das Abtrennen der Rinde vom Holze bezweckt wird. Dieselbe wird auf den Rindenschälmaschinen (s. d.) durchgeführt. S. Holzzeug.

Entrollen (Entlaufen) der Wagen kann in Stationen, die Gefälle enthalten oder an solche anschliessen, durch unvorsichtiges Anfahren an freistehende Wagen oder durch Abstossen einzelner Wagen oder auch durch einen heftigen Windstoss verursacht werden; bei Zügen auf der Strecke kann eine Zugstrennung das Entrollen von Wagen in der Gefällsrichtung zur Folge haben.

Einzelstehende Wagen oder Wagengruppen sind durch Einbremsen, durch Unterlagskeile oder Sperrriegel, welch letztere zwischen die Speichen zweier auf einer Axe sitzenden Räder durchgesteckt werden, gegen Entrollen zu sichern; Zweiggleise, die gegen das Einlaufen entrollter Wagen zu schützen sind, haben kräftige Sperrvorrichtungen (Sperrbäume) zu erhalten; Stumpfgleise sind an ihren Enden mit Prellgerüsten, Erdkegeln, aufgebogenen Schienen zu versehen. Sind entrollte Wagen auf die Strecke gelangt, so ist in der Gefällsrichtung der Bahn das Signal „Entrollte Wagen" zu geben. Die Streckenwächter haben durch Einsetzen der Bremsschuhe (s. d.), durch Aufwerfen von Sand, Schotter, Schwellen etc. auf die Gleise das Aufhalten der Wagen zu versuchen; in den Stationen sind dieselben in Stumpfgleise zu lenken oder auch zur Entgleisung zu bringen; auf Gebirgsstrecken kann sich die Anlage besonderer Sandgleise, in denen entrollte Wagen durch Anhäufung von Sand zum Stillstand gebracht werden, empfehlen. Das Auffangen entrollter Wagen durch Lokomotiven ist sehr schwierig, gefahrvoll und hinsichtlich des Erfolges zweifelhaft. *Alfr. Birk.*

Entropie, ein Begriff der mechanischen Wärmetheorie und Energielehre. Wird einem beliebigen Körper von der absoluten Temperatur $T = a + t$ (t Temperatur nach Celsius, $a = 273^0$ C.) eine Wärmemenge dQ zugeführt, so ergibt sich unter Voraussetzung des Clausius'schen Grundsatzes (s. d.), dass für die gewöhnlichen Zustandsveränderungen der Wärmetheorie (äussere Kräfte mit den inneren fortwährend im Gleichgewicht, Energiezufuhr von aussen nur Arbeit dK äusserer Kräfte und Wärme dQ, Herkunft von dQ und Temperatur der Wärmequelle jedoch gleichgiltig) der Ausdruck

$$dS = \frac{dQ}{T} \qquad 1.$$

das vollständige Differential einer Funktion S derjenigen Grössen darstellt (z. B. Druck p und Volumen v), welche als Unabhängigvariable die Energie U (virtuelle Energie, Eigenenergie, s. Energie) des Körpers bestimmen und damit auch den „Zustand" desselben charakterisiren. Diese Funktion S wird die Entropie des Körpers genannt (Warum? s. Aequivalenz der Verwandlungen). Nach beliebigen Zustandsänderungen der angedeuteten Art hat man:

$$S - S_a = \int_a^e \frac{dQ}{T}, \qquad S = S_a + \int_a^e \frac{dQ}{T}, \qquad 2.$$

und kehrt der Körper schliesslich wieder in seinen Anfangszustand, d. h. zu den Anfangswerten der Grössen, welche die Energie U bestimmen, zurück, so hat, wie U und T, auch die Entropie S wieder ihren Anfangswert, es gilt für jeden solchen Kreisprozess mit $S = S_a$:

$$\int_a^a \frac{dQ}{T} = 0. \qquad 3.$$

Diese Gleichung wird häufig als Ausdruck des zweiten Hauptsatzes der mechanischen Wärmetheorie für die fraglichen Zustandsänderungen angesehen (vgl. Clausius'scher Grundsatz). In allen vorstehenden und folgenden Beziehungen ist Wärmeabfuhr als negative Wärmezufuhr aufzufassen. Wird bei irgendwelchen Zustandsänderungen eines Körpers weder Wärme zugeführt noch entzogen, so bleibt wegen $dQ = 0$ nach 1. auch die Entropie S ungeändert (s. Adiabatische Zustandsänderungen), weshalb solche Zustandsänderungen nach Gibbs auch als isentropische Zustandsänderungen bezeichnet werden. Bei Zeuner heisst in 2. $\int_a^e \frac{dQ}{AT}$ das Wärmegewicht für den betreffenden Uebergang, wobei $1/A = 424$ das mechanische Wärmeäquivalent bedeutet. In der mechanischen Wärmetheorie werden die Zustandsänderungen u. a. derart graphisch dargestellt, dass die S als Abscissen, die T als Ordinaten dienen, womit die isothermischen Kurven der Abscissenaxe, die isentropischen der Ordinatenaxe parallel laufen, und dem Carnot'schen Kreisprozess ein Rechteck mit Seiten parallel den Koordinatenaxen entspricht [7], [14].

Nach Clausius wird der Quotient aus Wärmeaufnahme dQ und absoluter Temperatur T des aufnehmenden (bei negativem dQ abgebenden) Körpers, $dS = \frac{dQ}{T}$, häufig auch dann Entropie des letzteren genannt, wenn die gewöhnlichen Voraussetzungen der wärmetheoretischen Ableitungen nicht erfüllt sind, dS im allgemeinen kein vollständiges Differential der U als Unabhängigvariable bestimmenden Grössen darstellt und S, T nicht als Funktionen dieser Unabhängigvariabeln allein dargestellt werden können. Nach dem Begriffe der Temperatur (s. d.) kann die Wärme durch Leitung nur von wärmeren zu kälteren Körpern übergehen. Sei nun beim Wärmeübergange zwischen zwei Körpern dQ die Wärmezufuhr (positiv, Aufnahme) des Körpers von tieferer Temperatur T, $dQ' = -dQ$ die Wärmezufuhr (negativ, Abgabe) des Körpers von höherer Temperatur, dann hat man die Aenderung der Entropie für beide Körper zusammen:

$$\frac{dQ}{T} + \frac{dQ'}{T'} = \frac{dQ}{T} - \frac{dQ}{T'} = \frac{T' - T}{TT'} dQ.$$

Da diese Summe wegen $T' \geqq T$ positiv ist, so folgt für Wärmeübergänge zwischen beliebig vielen Körpern:

$$\Sigma \int_a^e \frac{dQ}{T} \geqq 0, \qquad 4.$$

es kann also die Gesamtentropie aller an den Wärmeübergängen durch Leitung beteiligten Körper nur wachsen oder ungeändert bleiben, wenn nicht auf andere Weise, etwa infolge strahlender Wärme oder Verwandlung sonstiger Energieformen in Wärme, eine Verminderung eintritt. Für den Fall nun, dass man sich dieselbe Grösse, welche Clausius in Bezug auf einen einzelnen Körper seine Entropie genannt hat, „in konsequenter Weise unter Berücksichtigung aller Umstände für das ganze Weltall gebildet“ denke, glaubte Clausius dem Grundgesetz: Die Energie der Welt ist konstant, das zweite an die Seite setzen zu können [1] II, S. 44: Die Entropie der Welt strebt einem Maximum zu (vergl. Energie, Zerstreuung derselben). Wie man sich aber jene konsequente Berücksichtigung denken soll, hat Clausius weder in seinem 11 und 22 Jahre später erschienenen Lehrbuch der Wärmetheorie noch an sonstigem Orte gesagt. Die von Gibbs, Planck u. A. gegebenen Erweiterungen des Entropiegesetzes haben sich nach manchen Richtungen genügend und besonders auf chemischem Gebiete nützlich erwiesen, ohne jedoch eine mathematische oder sonst befriedigende Grundlage für den Clausius'schen Schluss abzugeben.

Litteratur: [1] Clausius, Abhandlungen über die mechanische Wärmetheorie II, Braunschweig 1867, S. 1; auch I, Braunschweig 1864, S. 127. — [2] Grashof, Theoretische Maschinenlehre I, Leipzig 1874, S. 78. — [3] Planck, Ueber den zweiten Hauptsatz der mechanischen Wärmetheorie, München 1879. — [4] Helmholtz, Wissenschaftliche Abhandlungen II, Leipzig 1882, S. 958; III, Leipzig 1895, S. 92. — [5] Duhem, Le potentiel thermodynamique, Paris 1886. — [6] Clausius, Die mechanische Wärmetheorie I, Braunschweig 1887, S. 110, 203, 220. — [7] Zeuner, Technische Thermodynamik I, Leipzig 1887, S. 29, 40, 51, 66 u. s. w. — [8] Planck, Ueber das Prinzip der Vermehrung der Entropie, Wiedemanns Annalen 1887, XXX, S. 562; XXXI, S. 189; XXXII, S. 462; 1891, XLIV, S. 385; s. auch 1892, XLVI, S. 162. — [9] Wald, Die Energie und ihre Entwertung, Leipzig 1889. — [10] Gibbs, Thermodynamische Studien, Leipzig 1892, S. 1, 40, 60 u. s. w. — [11] Gross, Ueber den Satz von der Entropie, Wiedemanns Annalen 1892, XLVI, S, 339, 517; 1893, XLVIII, Verhandl. S. 773, 12. — [12] Mach, Zur Geschichte und Kritik des Carnot'schen Wärmegesetzes, Sitzungsber. d. Wiener Akademie 1892, Abt. IIa, S. 1589. — [13] Poincaré, Thermodynamik, Berlin 1893, S. 79, 150. — [14] Mollier, Das Wärmediagramm (Entropie-Temperatur-Diagramm), Verhandl. d. Vereins f. d. Beförd. d. Gewerbefleisses 1893, Heft 3. — [15] Planck, Grundriss der allgemeinen Thermochemie, Breslau 1893, S. 102. — [16] Kirchhoff, Vorlesungen über mathematische Physik, IV, Theorie der Wärme, Leipzig 1894, S. 60. — [17] Berthelot, Le princip du travail maximum et l'entropie, Comptes rendus etc. 1894, CXVIII, S. 1378. — [18] Winkelmann, Handbuch der Physik, II, 2. Hälfte: Wärme, Breslau 1896, S. 421. — S. auch Clausius'scher Grundsatz, Disgregation.

Weyrauch.

Entsäuern des Grubenwassers, s. Wasserhaltung.

Entschälen der Seide, die Entfernung des Seidenleims (Sericins) von der Rohseide, um die Schönheit des Seidenfadens sichtbar zu machen. Die Seide wird in heisse Seifenlösung gelegt und schwach gekocht. Der hiermit verbundene beträchtliche Gewichtsverlust wird durch das Assoupliren (s. d.) wieder ersetzt.

Entschaler, s. Spiritusfabrikation.

Entschweissen (Entfetten) der Wolle, s. Streichgarnspinnerei.

Entsilbern, s. v. w. von versilberten Metallgegenständen, meistens Kupfer, von Abfällen, das Silber wieder zu gewinnen, wobei Säuren angewendet werden, die natürlich auch einen Teil des unterliegenden Metalles mit auflösen, so dass es dann immer umständlicher Prozeduren bedarf, um reines Silber zu erhalten.

Stölzle stellte Versuche an, versilberte Kupferabfälle zu entsilbern, ohne dass Kupfer dabei in Lösung geht. Er gelangte zum Ziele, indem er Salpetersäure von 1,5 spez. Gew. anwendete, in der sich wohl das Silber, nicht aber das Kupfer löst; schwächere Salpetersäure muss mit englischer Schwefelsäure versetzt werden und billiger wird das Verfahren, wenn man Schwefelsäure und Natronsalpeter benützt. Die Abfälle kommen in Gusseisen- oder Steinzeug-

kessel, in denen sich ein Gemisch von englischer Schwefelsäure mit 5 T. Natronsalpeter befindet. Das Silber löst sich und wird aus der schwefelsauren Lösung mit Kochsalz als Chlorsilber niedergeschlagen. *Andés.*

Entstaubungsanlagen dienen dazu, den Eintritt des bei vielen Betriebsarten entstehenden Staubes in die Luft der Arbeitsräume vollständig oder möglichst zu verhindern, teils um die gefährliche Einwirkung des Staubes auf die Gesundheit der Arbeiter zu beseitigen, teils um Staubexplosionen zu verhüten, teils um auch das etwa wertvolle Staubmaterial wieder zu gewinnen.

Die schädliche Einwirkung der verschiedenen Staubarten auf den Körper ist sehr verschieden; jeder in grosser Menge eingeatmete Staub schadet, da er die Menge der reinen Atemluft vermindert. Staub von Getreidemehl, Reis, Graphit ist nahezu unschädlich; Staub von Wolle, Baumwolle, Flachs, Jute, Hanf, Holz, Kohle, Knochen, Horn, Elfenbein, Gips, Kaolin etc. wirkt in geringem Grade reizend, indem er entweder nur bei grosser Menge den Atmungsprozess hindert oder dadurch die Schleimhaut reizt, dass er sich fest in dieselbe einlagert und nur schwer ausgeworfen wird. Durch die scharfe, kantige Form der Staubkörperchen wirkt auf die Atmungsorgane und manchmal auch auf die Augen sehr schädlich ein: der Staub von Lumpen, Haar, Fischbein, Federn, Schildpatt, von kieselstoffhaltigen Mineralien, von Metallen etc. Staub von Arsen, Thomasschlacke, Schwerspat, Aetzbaryt, Blei und Bleiverbindungen, Quecksilber etc. wirkt giftig. Staub kann ferner auch dadurch schädlich wirken, dass er ansteckende Krankheitskeime enthält, z. B. Tuberkelbazillen; Pocken werden bisweilen beim Lumpensortiren, Milzbrand und Rotz in Woll- und Rosshaarfabriken, Gerbereien, Pinselfabriken, Kürschnereien durch Staubeinatmung übertragen.

Zur Bestimmung des Staubgehalts der Luft hat K. Möller in Brackwede einen Apparat konstruirt, bei dem durch ein Papierfilter eine bestimmte Luftmenge gesaugt und die im Filter sich absetzende Staubmenge durch Wägung ermittelt wird. Die Staubentwicklung kann vielfach durch Befeuchtung — z. B. nach Verordnung des Bundesrats vom 12. April 1886 für die Oxydirkammern der Bleifarben- und Bleizuckerfabrikation, dann in Kohlengruben, beim Schleifen von Stahl- und Eisenwaren — vermieden werden; die Staubeinatmung kann durch Benützung von Respiratoren, Schwämmen, Tüchern, die schädliche Einwirkung auf die Augen durch Schutzbrillen, Schutzmasken verhütet werden. Besser ist es, den Staub unmittelbar an der Entstehungsstelle abzufangen und mit Hilfe einer künstlichen Absaugung abzuleiten. Der abgesaugte Staub wird entweder ins Freie geblasen oder, wenn daraus Belästigungen der Umgebung entstehen würden oder das Staubmaterial wertvoll ist, in langen Kanälen, weiten Kammern, Staubsammlern, Staubfängern (s. d.) aufgefangen.

Die Ableitung des Staubes lässt sich um so vollständiger bewirken, je mehr die stauberzeugende Maschine oder Vorrichtung vom Arbeitsraum abgeschlossen werden kann. Manche Mahlmaschinen, z. B. Kugelmühlen, bieten schon durch ihre Konstruktion einen dichten Abschluss; auch das zeitweise Oeffnen der Fülltrichter kann dabei durch mechanische Aufgebevorrichtungen vermieden werden. Der Transport stauberzeugender Materialien lässt sich durch abgeschlossene Becherwerke und Schnecken, das Verpacken durch mechanische Füllvorrichtungen für Fässer oder Säcke und das Reinigen z. B. von Lumpen durch Klopfwölfe und Haderndreschmaschinen, von Säcken in Mühlen, Tabakfabriken durch Klopf- oder Bürstmaschinen, das Sieben und Mischen durch besondere Vorrichtungen bewirken, welche gänzlich oder bis auf verhältnismässig kleine Oeffnungen für das Einbringen und die Abführung des Materials ummantelt werden können. Die stauberfüllte Luft wird dann durch Gebläse abgesaugt; die Saugwirkung muss an den freien Stellen so gross sein, dass der Staub nicht nach aussen dringt, sondern Luft aus dem Arbeitsraum mit angesaugt wird. In gleicher Weise ist die stauberfüllte Luft bei denjenigen Maschinen und Vorrichtungen zu entfernen, welche nur teilweise oder gar nicht abgeschlossen werden können, z. B. Schmirgelschleif- und Polirscheiben beim Bearbeiten von Metallwaren, beim Nadelschleifen, Glas- und Edelsteinschleifen, in Wollhutfabriken, Kammfabriken etc., bei Holzbearbeitungsmaschinen, Hechelmaschinen, Sortirsieben, Wölfen und Schlagmaschinen der Baumwollspinnerei etc.

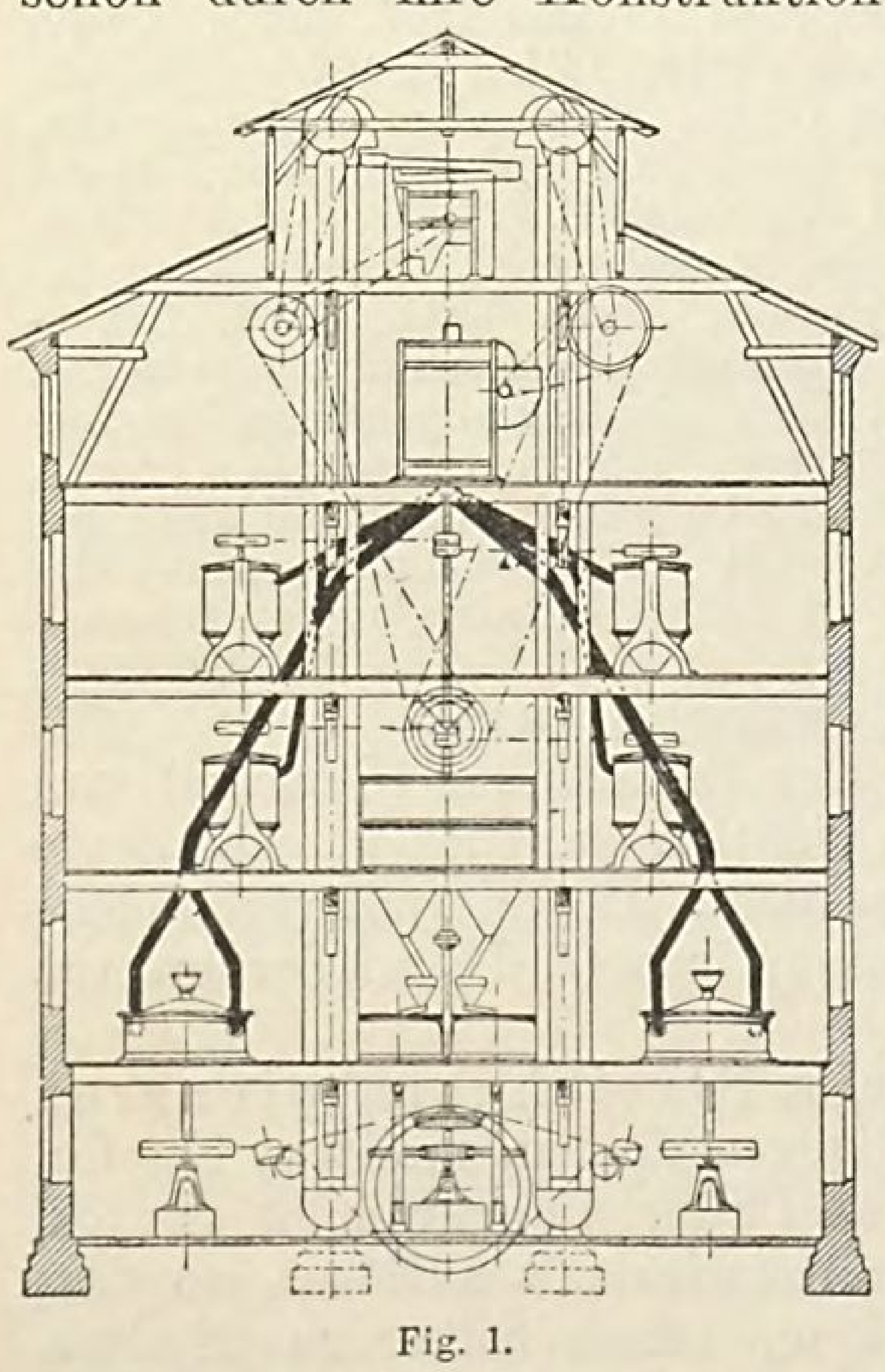


Fig. 1.

Bei der Luftabsaugung ist darauf zu achten, dass die Geschwindigkeit der nach den Absaugungsstellen hinziehenden Luft nicht so gross ist, um die Arbeiter durch Zug zu belästigen; bei nicht ummantelten Maschinen und Vorrichtungen ist die Luft stets nach abwärts abzusaugen, damit sie nicht wieder in den Atmungsbereich der Arbeiter kommt.

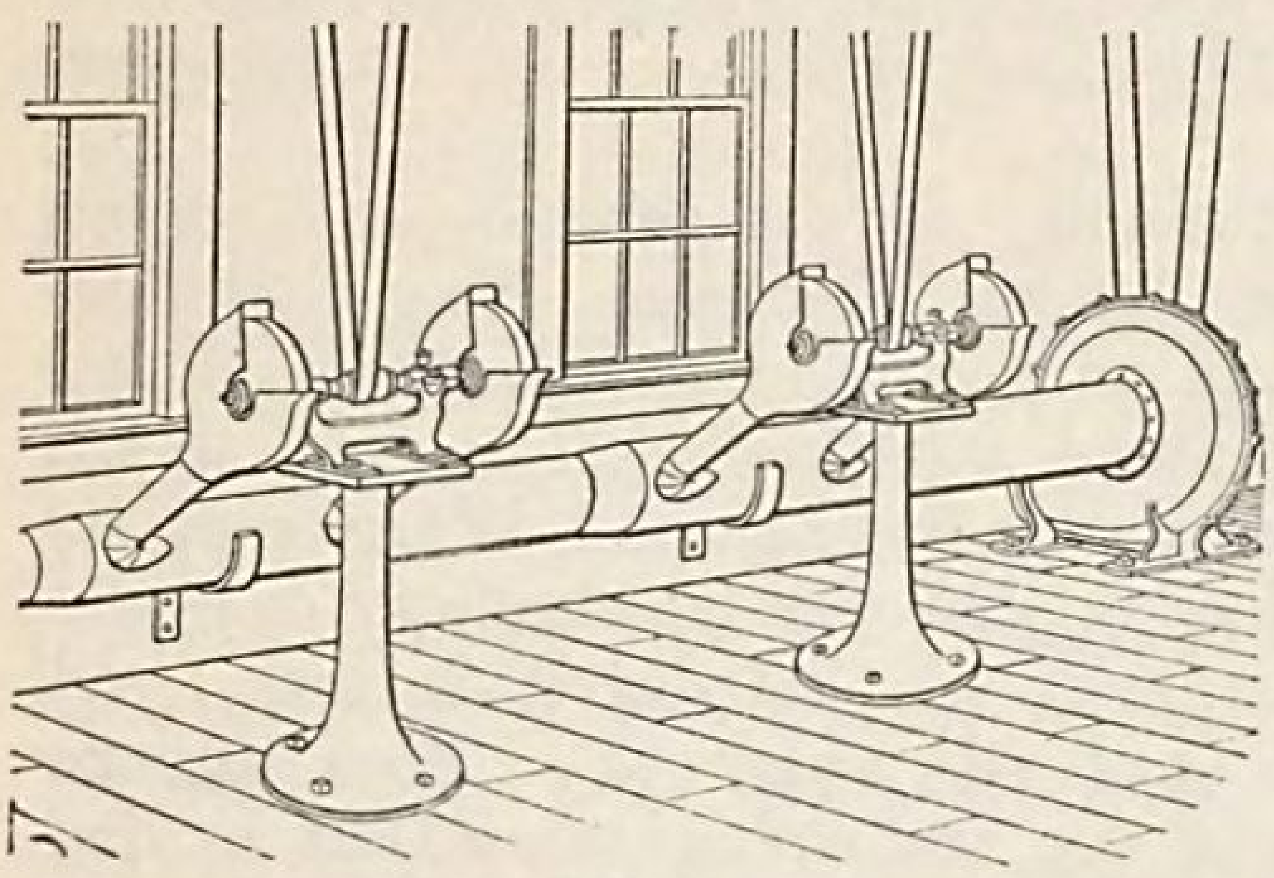


Fig. 3.

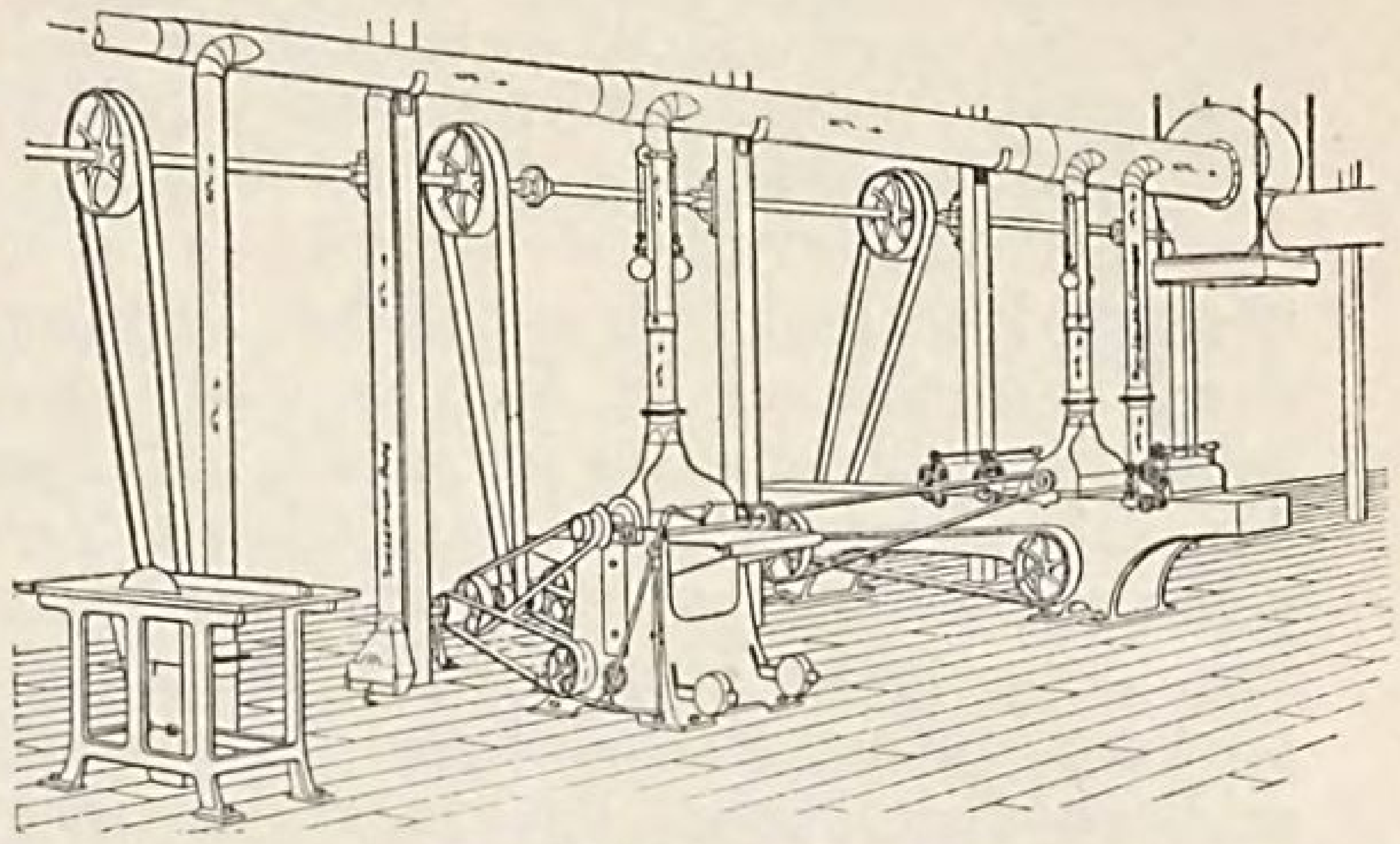


Fig. 2.

Einige Beispiele von Enstaubungsanlagen bieten die Figuren 1 bis 4. Die Absaugung von Sägemehl und Hobelspänen bei Holzbearbeitungsmaschinen zeigt Fig. 2; diejenige des Staubes bei Schmirgel-, Schleif- und Polirmaschinen zeigt Fig. 3; in beiden Fällen wird die Saugwirkung durch ein Schleudergebläse erzeugt, welches mit den stauberzeugenden Maschinen durch Blechrohre in Verbindung gebracht ist. — Fig. 1 verdeutlicht die Absaugung des Staubes aus den Polirkegeln und Schleifgängen einer Reismühle nach einer Ausführung des Eisenwerks vorm. Nagel & Kaemp, A.-G. in Hamburg; die stauberfüllte Luft wird von Schleudergebläsen durch im vierten Geschoss aufgestellte Staubfänger gesaugt, in welchen der Staub sich absetzt.

Bei nicht ummantelten Maschinen und Vorrichtungen ist die Menge der abzusaugenden Luft sehr gross, da diese mit einer Geschwindigkeit an der Maschine etc. vorbeiziehen muss, welche genügt, um den Staub mitzunehmen. Mit dieser Luftmenge geht im Winter eine grosse Wärmemenge verloren, indem die von aussen in gleichem Masse zudringende kalte Luft auf die Temperatur des Arbeitsraumes gebracht werden muss. Um diesen Wärmeverlust auszugleichen, wird nach dem Vorschlag von K. Möller die abgesaugte warme Luft vom Staube gereinigt und wieder in den Arbeitsraum eingeführt; die für die Arbeiter notwendige Frischluftmenge, welche z. B. bei der Textil- und Tabakindustrie bedeutend geringer ist, als die wegen der Staubentfernung abzusaugende Luftmenge, wird von aussen zugeleitet.

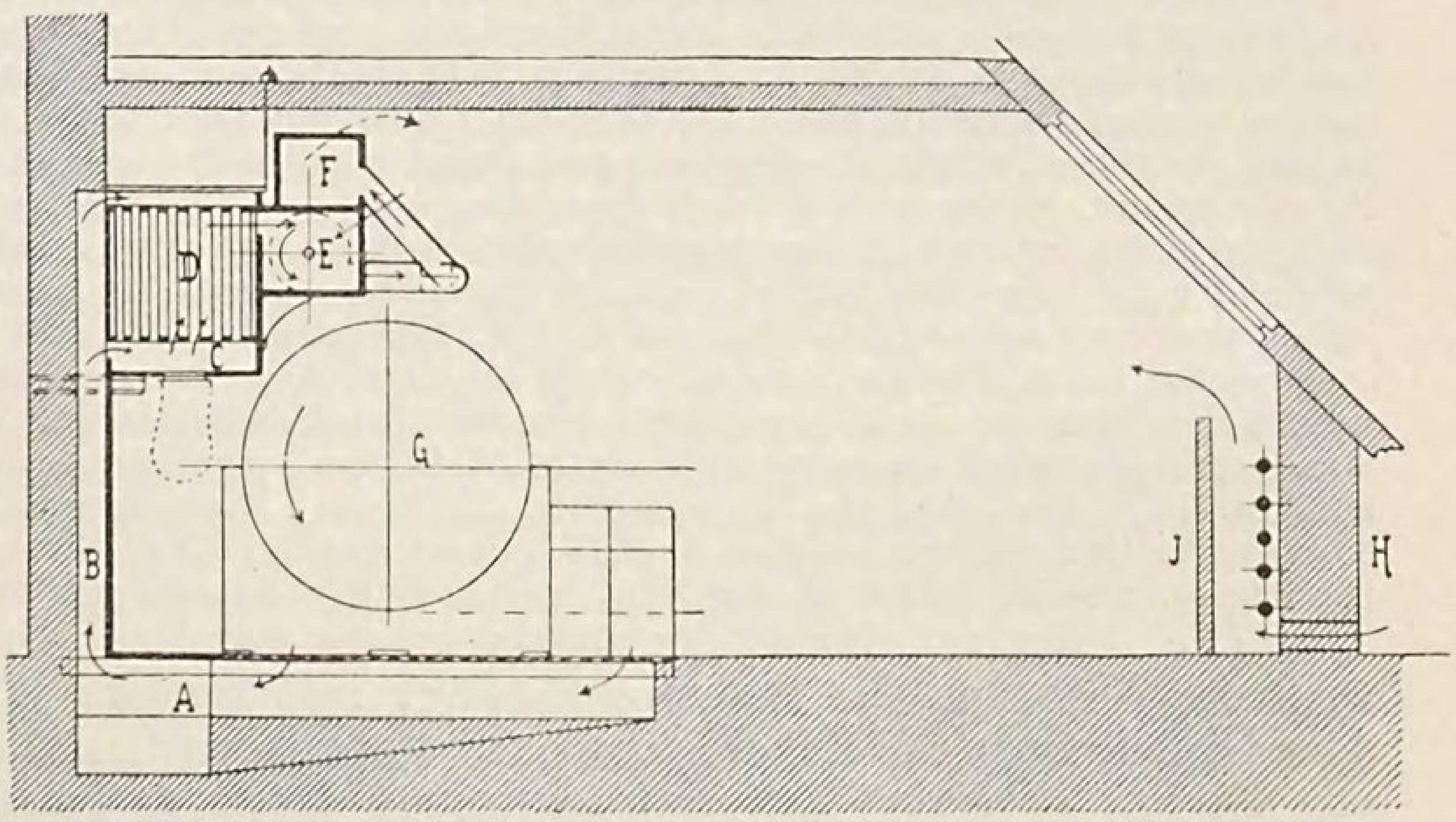


Fig. 4.

Fig. 4 zeigt die in dieser Weise von K. & Th. Möller in Brackwede i. W. ausgeführte Entstaubungsanlage für die Karderie einer Flachsspinnerei. Die Karden *G* können nur zum Teil ummantelt werden; der beim Ordnen der Wergfasern ausgeschiedene Staub wird mit einer gewissen, aus dem Arbeitsraum herzuströmenden Luftmenge durch ein unter der Karde angebrachtes Drahtgitter abgesaugt, durchzieht dann die Kanale *A* u. *B* und gelangt hierauf in die Filter. Diese bestehen aus mehreren gewebten, beiderseits offenen Schläuchen *D*, die den Staub aus dem durchziehenden Luftstrom abscheiden; diese Schläuche werden zwei- bis dreimal täglich durch auf- und niederbewegte Bürsten reihenweise gereinigt. Der abgefangene Staub fällt in den Sammelraum *C* und wird aus diesem in einen Sack geschoben. Die gereinigte Luft gelangt durch den Saugkanal *E* in das Gebläse und aus diesem in den Druckkanal *F*, aus welchem die Luft teilweise durch mehrere Oeffnungen nach der Decke des Arbeitsraums ausströmt, teilweise aber, je nach Einstellung einer Drosselklappe, ins Freie tritt. Diese letztere Luftmenge

wird ersetzt durch von aussen einströmende Frischluft, die durch die Oeffnung *H* in den Arbeitsraum zieht und im Winter an dem Heizkörper *J* erwärmt wird.

Litteratur: Hirt, Die Staubinhalationskrankheiten in den von ihnen besonders heimgesuchten Gewerben und Fabrikbetrieben, Breslau 1871. — Arnold, Untersuchungen über Staubinhalation und Staubmetastase, Leipzig 1885. — Schuler und Burkhardt, Untersuchungen über die Gesundheitsverhältnisse der Fabrikbevölkerung der Schweiz, Aarau 1889. — Sommerfeld, Die Berufskrankheiten der Steinmetzen, Steinbildhauer und verwandten Berufsgenossen, Berlin 1892. — Albrecht, Handbuch der praktischen Gewerbehygiene, Berlin 1896. *K. Hartmann.*

Entsumpfung, s. Entwässerung.

Entwässerung des Bodens ist notwendig, um die schädliche Wirkung übermässiger Bodennässe auf den Pflanzenwuchs zu beseitigen. Das Gedeihen der Kulturpflanzen ist an das Vorhandensein von Wärme und Luft im Boden gebunden. Bodennässe ist jedoch gleichbedeutend mit Bodenkälte, weil durch die auf nassem Boden stattfindende Verdunstung fortwährend Wärmemengen gebunden werden und weil ein nasser Boden infolge des Umstandes, dass die sogen. spezifische Wärme beim Wasser grösser ist als bei der Ackererde, viel schwerer zu erwärmen ist als ein trockener (s. Bodenphysik). Zum andern schliesst übermässige Bodennässe den Eintritt der atmosphärischen Luft in den Boden aus, wodurch die für die Pflanzenernährung notwendigen Zersetzungsvorgänge der organischen und mineralischen Bodenbestandteile behindert, ja infolge Sauerstoffmangels (an die Stelle der Oxydation tritt in diesem Falle Reduktion) selbst pflanzenschädliche Verbindungen erzeugt werden. Ein weiterer Nachteil der Bodennässe macht sich darin geltend, dass die landwirtschaftlichen Arbeiten der Bestellung, Beerntung etc. erschwert und verteuert werden; auch kann eine nicht unbeträchtliche Minderung des Ertrages der Felder dadurch eintreten, dass die Frühjahrsbestellung durch zu spätes Abtrocknen des nassen Bodens verzögert und so die Vegetationsdauer der Gewächse verkürzt wird. Die bezeichneten schädlichen Wirkungen können ebensowohl durch das die Bodenoberfläche bedeckende, wie durch das im Erdinnern angesammelte Wasser — Tagwasser einerseits, Grundwasser andererseits — verursacht sein. Im ersteren Falle hat man es mit Ueberschwemmung, im letzteren mit Versumpfung zu thun. Nicht selten treten die beiden Erscheinungen zusammen auf, die eine als Folge der andern, indem bei andauernder Ueberschwemmung der Bodenoberfläche durch Tagwasser allmälich Versumpfung sich einstellt, oder indem durch das aus dem Boden hervortretende Grundwasser Ueberschwemmung der Oberfläche verursacht wird.

Bei den durch Hochwasser der Flüsse und Bäche hervorgerufenen vorübergehenden Ueberschwemmungen des Kulturlandes kommt neben dem an den Gewächsen möglicherweise verursachten Schaden auch der Vorteil in Betracht, welcher dem Boden durch Ablagerung fruchtbarer Sinkstoffe erwächst. Im allgemeinen sind derartige Ueberschwemmungen nur in den Sommermonaten schädlich, wenn die Feldfrüchte und das Gras herangewachsen sind; erstere werden durch die Strömung beschädigt oder mit einer feinen Schlickschicht überzogen, welche die Gasaufnahme aus der Luft und damit die Ernährung und weitere Entwicklung der Pflanze hemmt, letzteres wird durch Verschlammung ungeniessbar. Winterüberschwemmungen dagegen sind, namentlich bei Grasländereien, stets von Vorteil, indem sie dem Boden fortwährend neue Nährstoffe zuführen und so denselben dauernd fruchtbar erhalten. Dabei muss jedoch vorausgesetzt werden, dass das in die Flussniederung eingetretene Wasser aus derselben auch wieder einen Abfluss finde und nicht stagnire. Im letzteren Falle entsteht Versumpfung, welche das Gedeihen der Kulturgewächse unter allen Umständen schädigt. Bei fortschreitender Versumpfung sterben die besseren Pflanzen (z. B. die Süssgräser) ab und an ihre Stelle treten minderwertige Gewächse und Unkräuter (z. B. Binsen, Riedgräser, Moose etc.). Ungenügend entwässerte Grundstücke ergeben deshalb immer geringe Erträgnisse, abgesehen von solchen Gewächsen, welche, wie z. B. der Reis, zu den Sumpfpflanzen gehören.

Die Aufgaben der Bodenentwässerung gestalten sich verschiedenartig je nach den Ursachen der Bodenvernässung, insbesondere je nachdem Tagwasser oder Grundwasser das Uebel hervorruft. Unter allen Umständen ist diese Ursache vor Beginn etwaiger Meliorationsarbeiten durch geeignete Voruntersuchungen möglichst genau festzustellen, um unrichtige Massnahmen und daraus hervorgehende Misserfolge zu vermeiden.

Die Voruntersuchungen der Bodenentwässerung werden sich in der Regel auf folgende Punkte zu erstrecken haben: Feststellung der Lage, Umgrenzung und Grösse des zu entwässernden Grundstücks (Lageplan), sowie der Oberflächengestaltung (Höhenplan); Untersuchung der Bodenbeschaffenheit durch Oeffnen von Probegruben oder mittelst des Erdbohrers (die Untersuchungen haben sich nicht bloss auf die Ackerkrume, sondern auch auf den Untergrund zu erstrecken); Aufnahme der oberirdischen Wasserzüge (Flüsse, Bäche etc.) und Erhebung

der periodischen Wasserstände derselben nach Höhe und Dauer unter besonderer Berücksichtigung aller die Geländeentwässerung beeinflussenden Verhältnisse (z. B. vorhandener Stauanlagen); Aufnahme des Grundwassers hinsichtlich seiner Höhenlage unter Terrain, seiner Veränderlichkeit und Bewegungsrichtung (zur Grundwasserbeobachtung sind vorhandene Brunnen, Tümpel, Altwasser etc. oder besonders hergestellte Grundwasserpegel zu benützen); Untersuchung der Vorflutverhältnisse behufs Ableitung des Wassers von dem zu entwässernden Grundstück.

Die zur Geländeentwässerung gebräuchlichen Mittel der Technik sind: 1. Regelung der vorhandenen offenen Wasserläufe (Flüsse, Bäche etc.), 2. Anlage von Entwässerungskanälen und Abzugsgräben, 3. künstliche Wasserhebung, 4. Kolmation, 5. Drainage.

1. Die Regelung der vorhandenen offenen Wasserläufe (Flüsse, Bäche etc.) bezweckt im Interesse der Geländeentwässerung zunächst die Erzielung eines gesicherten Wasserabflusses und die Verhütung von Ueberschwemmungen des Ufergeländes durch Erstellung eines der Wassermenge entsprechenden Flussprofiles, Anlage von Hochwasserdämmen etc. Derartige Anlagen werden in allen denjenigen Fällen ohne weiteres den gewünschten Erfolg haben, wo das Binnengelände dem Feldbau gewidmet ist. Wo aber die Flussniederung der Graserzeugung dient, wird mit der Aufhebung der Ueberschwemmungen der Nachteil eintreten, dass dem Grasboden die notwendige Sommerfeuchtigkeit wie auch die zur Erhaltung seiner Fruchtbarkeit dienende Schlammzufuhr entzogen wird.

In solchen Fällen ist darum die Regulirung und Eindämmung der Flussläufe mit vollem Nutzen nur unter der Voraussetzung durchführbar, dass eine künstliche Bewässerung des Wiesengeländes stattfinden kann, dass insbesondere die erforderlichen Wassermengen sowohl zur Sommeranfeuchtung wie zur düngenden Herbst- und Winterwässerung verfügbar sind. Bei der Projektirung von Fluss- und Bachregulirungen wird deshalb auf diese Verhältnisse jeweils Rücksicht zu nehmen und gegebenenfalls für die künstliche Bodenbewässerung gleichzeitig Vorkehr zu treffen sein. Beispiele hierfür sind die regulirten Seitengewässer des Rheins im Grossherzogtum Baden [1].

Wo eine geregelte Bewässerung aus finanziellen oder anderen Rücksichten nicht möglich oder nicht erwünscht erscheint, wird im Interesse der wasserbedürftigen Flussniederung vor einer vollständigen Eindeichung des Wasserlaufes immer eine derartige Regelung des Abflusses den Vorzug verdienen, bei welcher wenigstens die fruchtbaren Winterüberschwemmungen der Niederung erhalten bleiben.

Man wird in diesem Falle entweder die Deiche nur für die kleineren Sommerhochwasser bemessen oder die Winterdeiche mit Vorrichtungen versehen, durch welche das schlammreiche Hochwasser in die Niederung eingelassen werden kann. In der letzteren wird alsdann Vorkehrung dafür zu treffen sein, dass die eingelassenen Wassermassen, nachdem sie ihre Schlammstoffe abgelagert haben, auch wieder geregelten Abzug finden. Hierzu dienen Kanäle und Gräben, welche das Abwasser entweder in den Flusslauf zurückleiten oder, wenn dies wegen der Höhenlage des Bettes nicht möglich ist, dasselbe einem bestehenden Vorflutrezipienten (Kanal oder ein benachbarter tiefer gelegener Fluss oder Bach) übergeben. Sind diese beiden Lösungen nicht möglich, indem sich nach keiner Seite hin ein natürliches Abflussgefälle bietet, so wird zur künstlichen Beförderung des Abwassers mittelst maschineller Hebung in den Flusslauf geschritten werden müssen (vergl. S c h ö p f w e r k e).

Ausser durch Ueberschwemmung werden Flussniederungen häufig dadurch geschädigt, dass die gewöhnlichen Wasserstände im Fluss oder Bach ein zu hohes Niveau gegenüber dem Kulturgelände besitzen. Hierdurch wird der natürliche Abfluss des Grundwassers in den Fluss oder Bach gehemmt und der Grundwasserspiegel durch Aufstau erhöht; unter Umständen wird selbst noch Drängwasser aus dem Rezipienten an die Niederung abgegeben und dadurch die versumpfende Wirkung des zu nahe an der Oberfläche stehenden, ja dieselbe zeitweise vielleicht überschreitenden Grundwassers erhöht.

Derartige Missstände verdanken nicht selten ihren Ursprung der mangelhaften Unterhaltung der natürlichen Wasserzüge, indem Sinkstoffe, Uferrutschungen, Wasserpflanzen etc. das Flussprofil verengen und den Wasserspiegel in die Höhe treiben. Eine gute Unterhaltung der fliessenden Gewässer durch periodische Ausräumung etc. ist deshalb für die Landeskultur von hohem Wert.

Weitere Ursachen der versumpfenden Wirkung der Gewässer sind zu suchen in z u h o h e r n a t ü r l i c h e r L a g e d e s B e t t e s (z. B. in der Nähe der Flussmündungen zufolge Aufschwemmung von Sinkstoffen) oder in dem M a n g e l a n V o r f l u t bei der Vereinigung zweier Gewässer oder in k ü n s t l i c h e m A u f s t a u des Wasserspiegels durch gewerbliche und andere Stauwerke. In solchen Fällen sind Massregeln zur Senkung der gewöhnlichen Wasserstände des Rezipienten

geboten. Bei zu hoher Lage des Bettes kann möglicherweise durch eine Geradlegung des Wasserlaufes eine bessere Gefällausnützung und eine Tieferbettung erzielt werden; unter Umständen ist eine vollständige Verlegung des Rezipienten in eine tiefere Geländelage angezeigt. Mangel an Vorflut durch Rückstau vom Hauptrezipienten aus kann durch eine Regulirung dieses letzteren, womit eine Senkung seiner gewöhnlichen Wasserstände verbunden ist, behoben werden.

Handelt es sich hier um einen grösseren Fluss oder Strom als Vorflutrezipienten, so wird wegen der erheblichen Kosten der Regulirung eine derartige Melioration nur dann empfohlen werden können, wenn die Versumpfung umfangreiche und wertvolle Ländereien ergriffen hat, deren Wertzuwachs die aufgewendeten Kosten lohnt. Ein Beispiel hierfür ist die Regulirung des badisch-elsässisch-bayerischen Oberrheins, durch welche (abgesehen von einer Reihe wichtigster Vorteile gesundheitlicher und wirtschaftlicher Art) ein dem Kostenaufwand entsprechender Wertzuwachs des dem Meliorationsgebiet angehörigen Kulturgeländes geschaffen worden ist [2].

Die Senkung des Wasserspiegels im Vorflutrezipienten behufs Entsumpfung des Hinterlandes kommt namentlich auch in Anwendung, wenn der Wasserlauf in einen Landsee mündet; oftmals werden solche Seen vollständig trocken gelegt und das gewonnene Gelände der Landeskultur dienstbar gemacht [3]. Wird die Versumpfung durch künstlichen Aufstau — behufs des Betriebs von Wasserkraftanlagen etc. — verursacht, so mag in einzelnen Fällen durch Verbesserungen am Triebwerkskanal, durch eine Verlegung der Wasserentnahmestelle flussaufwärts oder auch durch die Beschaffung verbesserter Motoren, womit eine Minderung des Triebgefälles oder der Triebwassermenge verbunden ist, eine Erniedrigung der Stauung und damit eine Verbesserung der Vorflut erzielt werden können. Meistens wird jedoch die Aufhebung derartiger schädlichen Stauwirkungen nur durch Ablösung der bestehenden Stauberechtigungen und Beseitigung oder Erniedrigung der Stauwerke erreichbar sein.

Erfahrungsgemäss ist der Schaden, welchen die Landeskultur durch das Bestehen vieler, oft nur zum Betrieb höchst unbedeutender Werke (kleiner Getreidemühlen etc.) dienenden Stauanlagen infolge Versumpfung erleidet, ein sehr bedeutender. Die Beseitigung derartiger Stauungen durch Ankauf der Mühlen, wodurch immer zugleich ein für die Bewässerung höchst willkommenes Verfügungsrecht über das bisher zum Werkbetrieb verwendete Wasser gewonnen wird, bildet häufig ein für die beteiligten Grundbesitzer lukratives Unternehmen.

2. Die Anlage von Entwässerungskanälen und Abzugsgräben wird da erforderlich, wo natürliche Wasserläufe in einem der Entwässerung bedürftigen Gelände fehlen oder wo die vorhandenen Wasserzüge der Geländeentwässerung nicht oder nur in ungenügendem Masse dienstbar gemacht werden können. Oftmals verbietet sich die im Interesse der Geländeentwässerung wünschenswerte Regulirung eines Flusses oder Baches dadurch, dass das zum erweiterten Bett und den Dammanlagen zu verwendende Gelände zu kostspielig ist; durch Anlage eines Flutkanales zur Aufnahme der Hochwasser, wozu ein minder wertvolles Gelände in Anspruch genommen wird, können die Meliorationskosten vermindert werden. Häufig bilden die am Wasserlauf befindlichen Wasserbenützungsanlagen, insbesondere Triebwerke, ein Hindernis der Erweiterung und Eindämmung des Bettes; durch Herstellung eines besonderen Kanales kann in solchem Falle ein geregelter Hochwasserabfluss erzielt werden, während der alte Flusslauf für die Folge lediglich als Werk- und Wässerungskanal zu dienen hat, was ebensowohl der Landeskultur wie dem Gewerbebetrieb von Nutzen ist. Derartige Kanäle verfolgen im allgemeinen eine zum Flusslauf annähernd parallele Richtung und heissen deshalb auch Parallelkanäle. Indem dieselben beim Abgang vom Fluss mit Einlassschleusen versehen werden, ist eine Regulirung des Hochwasserabflusses derart möglich, dass nach Bedarf fruchtbare Winterhochwasser der Flussniederung zugeführt werden können.

Beispiele derartiger Meliorationen sind die Regulirung der Aller in der Provinz Hannover in Verbindung mit der Anlage eines 19,4 km langen Parallelkanales [4], sowie die Korrektion der Elz und Dreisam in Verbindung mit der Anlage des Leopoldskanals im Grossherzogtum Baden [1]. Es versteht sich von selbst, dass für die Anlage solcher oft bedeutender Flussbauwerke umfassende und sorgfältige Studien und Voruntersuchungen über die Abflussmenge, die Terrainverhältnisse etc. in ähnlicher Weise wie für die Gewässerkorrektionen anzustellen sind. Flutkanäle werden im allgemeinen die Richtung tiefster Geländelagen zu verfolgen haben und mit so grossen Profilverhältnissen auszustatten sein, dass die Abführung der Hochwässer ohne Geländeüberflutung möglich wird. Kann die Anlage von Hochwasserdämmen längs des Kanals vermieden werden, so wird dies die Geländeentwässerung befördern; meist wird jedoch wegen der grossen Kosten ohne Dämme nicht auszukommen sein.

Parallelkanäle können auch den Zweck verfolgen, die Niederung entlang eines mit Hochwasserprofil versehenen eingedeichten Flusslaufes zu entsumpfen, wenn nämlich dieser letztere nicht der tiefsten Thallinie folgt. In solchem Falle hat der diese Thallinie verfolgende Kanal das in der Flussniederung sich ergebende Tagwasser, Quell- und Grundwasser, ebenso das bei hohen Flusswasserständen auftretende Drängwasser aufzunehmen und an geeigneter Stelle entweder dem Flusslauf oder einem andern tiefer gelegenen Rezipienten zu übergeben. Unter den gleich dem Hauptfluss eingedeichten Seitengewässern dieses letzteren wird der Entsumpfungskanal mittelst Unterführungen hinweggeleitet. Ein Beispiel hierfür bietet die Korrektion der Rhone im Kanton Wallis [5]. — Entwässerungskanäle sind mangels natürlicher Wasserzüge häufig notwendig in versumpften Niederungen, insbesondere in den des Abflusses entbehrenden Moorgebieten. Bei Anlage derartiger Kanäle ist es von grösstem Wert, den Zufluss von Tagwasser aus fremden Gebieten abzuhalten, um nicht in der gefällarmen Niederung allzu grosse Kanalprofile zu erhalten. Wird ein derartiges Entwässerungsgebiet von höheren Geländeanlagen umgeben, deren Abwässer bisher durch die Niederung zum Abfluss gelangt sind, so empfiehlt es sich, längs der Fusslinie des Höhenrandes einen Umfangskanal anzulegen, welcher jene Wässer ausserhalb der Niederung sammelt und dem Vorflutrezipienten selbständig zuführt.

Entwässerungskanäle in flachen Sumpfgebieten sollen immer die auf Grund eines sorgfältigen Flächennivellements zu ermittelnde tiefste Geländelage verfolgen, um die Abwässerung der Niederung von allen Seiten her zu ermöglichen; eine Eindämmung derselben ist unzulässig. Bei Festsetzung der Sohlentiefe und des Kanalprofiles ist von der grössten Bedeutung für den Erfolg der Melioration die richtige Normirung des Niveaus der gewöhnlichen Kanalwasserstände, weil durch diese die Wasserhöhe in den Seitengräben und damit das Mass der Absenkung des Grundwassers in dem Gelände bedingt wird. Während ein zu hoher Grundwasserstand die bezweckte Entsumpfung verhindern würde, führt eine allzu kräftige Entwässerung — insbesondere bei Moorgründen — leicht ein Zurückbleiben der Vegetation durch Feuchtigkeitsmangel herbei.

Bei Wiesengelände soll die Absenkung des Grundwasserspiegels im allgemeinen nicht weiter als bis zu 0,5 m, bei der Ackerfeldkultur bis zu 1,0 m unter Terrain geschehen. Ein vorübergehendes Ansteigen des Wasserstandes in den Kanälen und Gräben über das angegebene Mass wird gewöhnlich für weniger nachteilig gehalten als eine Erniedrigung desselben während der Vegetationszeit unter jenes Mass. Um Benachteiligungen des Pflanzenwuchses durch ein zu starkes Sinken des Grundwassers zu verhüten, empfiehlt sich die Herstellung von Stauschleusen in den Abzugsgräben, durch welche eine Regulirung des Wasserstandes ermöglicht wird. Vergl. auch Abzugsgräben. — 3. Künstliche Wasserhebung wird notwendig, wo ein natürliches Abflussgefälle zu einem Vorflutrezipienten nicht vorhanden ist. Dies findet häufig am Unterlauf der Ströme oder in der Nähe des Meeres statt. Die durch lang andauernde Hochwasser der Flüsse oder durch stark auflaufende Fluten am Abfluss verhinderten Binnengewäser rufen eine Ueberschwemmung der Niederung hervor, welcher nur durch eine künstliche Hebung und Ableitung des Wassers begegnet werden kann. Näheres unter Schöpfwerke. — 4. Kolmation bezweckt die Erhöhung entwässerungsbedürftiger tiefgelegener Ländereien durch Aufschwemmung von Sinkstoffen aus fliessenden Gewässern. Näheres unter Kolmation. — 5. Drainage wird diejenige Art der Entwässerung genannt, bei welcher die offenen Entwässerungskanäle und Gräben durch unterirdische Abzüge ersetzt sind, welche das im Boden sich bewegende Wasser aufzunehmen und abzuleiten haben. Näheres unter Drainage.

Litteratur: [1] Der Binnenflussbau, Beiträge zur Hydrographie des Grossherzogt. Baden, Karlsruhe 1887, Heft 5. — [2] Die Korrektion des Oberrheins, Beiträge zur Hydrographie des Grossherzogt. Baden, Karlsruhe 1885, Heft 3. — [3] Handbuch der Ingenieurwissenschaften, 2. Aufl., Leipzig 1882, Bd. 3, Abt. 2, S. 364. — [4] Zeitschrift des Architekten- u. Ingenieur-Vereins zu Hannover, Bd. 12, S. 107. — [5] Honsell, M., Die Rhonekorrektion im Kanton Wallis, Wien 1878.

Drach.

Entwässerungen im Eisenbahnbau sind, abgesehen von den regelmässigen Bahngräben, da erforderlich, wo der Untergrund wasserhaltig ist, also besonders in lehmigen und thonigen Einschnitten und deren Umgebung, um solche — womöglich vor Beginn der Erdarbeiten — trocken zu legen und so etwaigen späteren Rutschungen vorzubeugen. Ebenso auch da, wo einzelne wasserführende

Erdschichten zwischen festeren Lagen vorkommen. Solche Entwässerungen erfolgen durch Saugröhren (Drains) oder aus Steinen hergestellte Sickerschlitze, Sickergräben u. s. f., nötigenfalls durch bergmännisch herzustellende Schächte und Stollen. Sie sollen das Gelände auf eine grössere Breite trocken legen, so dass die zur Herstellung des Bahnkörpers erforderlichen Ausschachtungen und Aufschüttungen mit den hierdurch bewirkten Störungen des bisherigen Gleichgewichts erfolgen können, ohne Bewegungen in den umgebenden Erdmassen hervorzurufen. Derartige Arbeiten können bei grosser Ausdehnung in die Breite und namentlich in die Tiefe sehr hohe Kosten verursachen. Sind Bewegungen grösserer Massen erst einmal eingetreten, so ist es meist sehr schwierig, ja oft unmöglich, die Massen wieder dauernd zu vollem Stillstand zu bringen. Alsdann werden die nachträglichen Entwässerungsanlagen noch teurer.

In manchen Fällen hat man sich nachträglich zu einer Verlegung der Bahn auf grössere Strecken entschliessen müssen, um den immer (besonders nach der Schneeschmelze) wiederkehrenden Erdbewegungen endgiltig auszuweichen. Es ist deshalb von besonderer Wichtigkeit, beim Eisenbahnbau solche Entwässerungsanlagen möglichst vor Inangriffnahme der Erdarbeiten auszuführen, mithin rechtzeitig vorher, d. h. schon bei den Vorarbeiten zur Festlegung der Linie durch Bodenuntersuchungen die etwaige Notwendigkeit solcher Anlagen und ihren Umfang festzustellen, sofern es nicht möglich ist, solche Punkte mit der Bahnlinie ganz zu umgehen.

Die Entwässerung der Bahnhofsflächen, wobei es sich nicht um Verhütung von Bewegung handelt, sondern um Trockenlegung und gute Erhaltung der Gleisanlagen, Zufuhrwege, Ladestrassen u. s. f., kann auf sehr verschiedene Weise geschehen. Auf ganz durchlässigem Untergrunde (Sand mit tiefem Grundwasserstande) sind bei kleinen Bahnhöfen, abgesehen von der selbstverständlichen Entwässerung der Abortanlagen, der etwaigen Lösch- und Drehscheibengruben, der Gebäudekeller u. s. f., weitere Anlagen oft entbehrlich. In anderen Fällen genügt für die weitere Flächenentwässerung die Abdachung des Planums (s. Bahnprofil) unter der Bettung nach den Bahngräben hin, sofern diese die nötige Tiefe erhalten. Bei grösserer Breitenausdehnung auf undurchlässigem Grunde muss jedoch, da sonst die Bettungsstätte zu gross, ihre Herstellung also zu teuer würde, eine mehrfach gebrochene Abdachung des Planums nach Saugrohrableitungen hin erfolgen, die mit etwa 10 cm Durchmesser und offenen Fugen in frostfreie Tiefe unter der Bettung mit einem Gefälle von mindestens 1‰ und in Entfernungen von etwa vier Gleisabständen (18—20 m) zwischen den Gleisen parallel zu diesen eingebaut werden. Diese Saugröhren (Drains oder Sickergräben) führen das Tagwasser nach einzelnen, quer zu den Gleisen mit gedichteten Fugen zu verlegenden Ableitungsrohren, die auch das Wasser aus den Löschgruben u. dergl. aufnehmen und es weiter, entweder zu entsprechend tief liegenden Bahngräben oder zu einem Hauptkanal hinleiten, der es einem natürlichen Wasserlauf oder einer städtischen Ableitung zuführt. Ein solcher Haupt- oder Stammkanal wird demnach in der Längenrichtung dem Bahnhof folgen, am besten seitwärts ausserhalb der Gleisanlagen. Seine Ausführung sollte allen anderen Bauarbeiten vorangehen, weil die dadurch bewirkte Entwässerung ihnen allen zu gute kommt. — Die Ableitungsrohre (glasirte Thonrohre) erhalten im allgemeinen Weiten von 15—30 cm, unter Umständen auch mehr, und Gefälle von 15‰ bis herab zu 6‰ (bei grösseren Weiten reicht weniger aus). Der Hauptkanal kann auch als Thonrohr von 50—125 cm Weite und Gefälle von 3 bis herab zu 1,25‰, bei schwächerem Gefälle besser besteigbar in Rechteck- oder Eiform von mindestens 1,1 m Höhe angelegt werden. Die grösste abzuführende Menge des Tagewassers kann im allgemeinen in Rücksicht auf Einsickerung, Verdunstung und oberirdischen Wasserabfluss zu 3—5 mm Regenhöhe für die Stunde angenommen werden. Jedoch ist diese Annahme für solche Flächen, die durch eine feste Decke (Dachflächen, Steinschlag, Pflaster, Plattenbelag oder gar Asphalt) mehr oder weniger gedichtet sind, mindestens zu verdoppeln. Auch sind die von Lokomotivschuppen (Spülung der Kessel), von Viehreinigungsplätzen, Abortspülungen, Springbrunnen, sowie die vom Haus- und Küchengebrauch u. s. f. herrührenden Abflussmengen gesondert in Anschlag zu bringen. Sie bilden jedoch immer nur einen geringen Teil gegenüber dem abzuführenden Teil des grössten Niederschlagswassers. *A. Goering*

Entwässerung der Brückengewölbe. Bei Brückengewölben ist die Abhaltung des durch die Ueberschüttung eindringenden Wassers vom Mauerwerke dringend geboten. Hierzu ist zunächst eine wasserdichte Abdeckung (s. d.) der Gewölbe erforderlich. Das auf dieser Abdeckung sich ansammelnde Wasser kann dann auf mehrfache Weise abgeführt werden, nämlich: 1. Nach den Enden der Brücke zu, d. i. über die Widerlager, die eine Steinhinterpackung erhalten, aus welcher man das Wasser entweder in den Grund versickern lässt oder durch Sickerkanäle herausleitet. Es ist diese Art der Entwässerung nur anwendbar, wenn die Brücke nicht zu lang ist und die Abdeckung ein Gefälle gegen die Endwiderlager erhält. 2. Die Entwässerung durch den Gewölbscheitel (Fig. 1) ist nur möglich bei Anwendung von Spandrillmauerwerk oder bei vollständiger Ausfüllung der Gewölbezwickel mit Mauerwerk oder Beton. Die Abdeckung erhält ein Längs- und Quergefälle von $^1/_{50}$ bis $^1/_{15}$, so dass sich vier in der Mitte des Scheitels zusammentreffende Rinnen bilden. Hier wird das Wasser mittelst eines eisernen Abfallrohres durch das Gewölbe geführt. Das Rohr erhält einen entsprechend breiten Teller, an den sich die Abdeckung gut anschliessen muss, und über welchen eine durchlöcherte, gusseiserne mit Steinen umpackte Haube gestellt wird (Fig. 2). 3. Die Abführung des Wassers durch die Bogenschenkel oder durch die Kämpfer (Fig. 3) findet die häufigste Anwendung. Hier werden ebenfalls gusseiserne Rohre durch das Gewölbe hindurchgeführt und zwar je nach der Anordnung der Hintermauerung in einem mehr oder weniger nahe zum Kämpfer gelegenen Punkte. Die Rinne, welche sich hier über den Zwischenpfeilern durch die Hintermauerung ergibt, erhält ein Quergefälle nach jenem Punkte, wo das Abfallrohr angebracht ist. Man hat diese Rinne entweder als ungedeckten mit Steinen ausgefüllten Sickerkanal oder auch als geschlossenen Kanal, in letzterem Falle natürlich mit Schlitzen in den Seitenmauern oder Ueberdeckungen für den Wassereintritt, ausgeführt. Bei Anordnung von Spandrillmauern muss man der Abdeckung ein Gefälle gegen den Bogenzwickel geben und hier das Wasser mittelst Abfallröhren herabstürzen lassen, oder man ordnet in der Abdeckung ein Gefälle gegen den Scheitel hin an und hält daselbst die Spandrillräume offen. 4. Zuweilen hat man die in den Bogenzwickeln angeordneten Kanäle auch nach aussen durch die Stirnmauern entwässert, was aber wegen der Benässung der Stirnmauern und der dadurch leicht entstehenden Flecken- und Vegetationsbildung nicht zu empfehlen ist. 5. In jenen Fällen, wo eine Abführung des Wassers in den unter dem Gewölbe befindlichen Raum nicht zulässig und eine Entwässerung nach den Widerlagern nicht möglich ist, erübrigt nichts anderes als eine Abführung des Wassers durch die Pfeiler. Hierzu dienen vertikale Abfallschläuche in den Pfeilern, die entweder weit genug anzulegen sind, dass sie schliefbar sind (Orleansbahn) oder in welche eiserne Abfallrohre eingesetzt werden, die bei etwaiger Verstopfung durch Einfrieren etc. nach oben herausgehoben und gereinigt werden können (Wiener Stadtbahn).

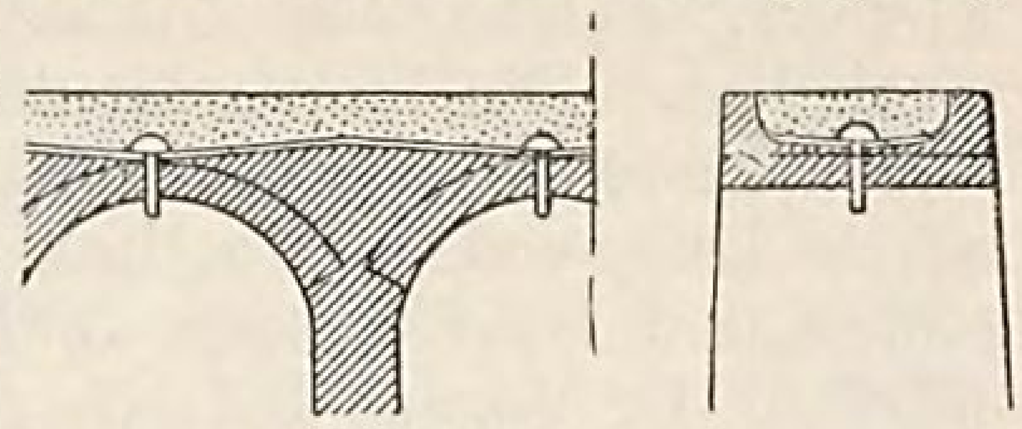


Fig. 1.

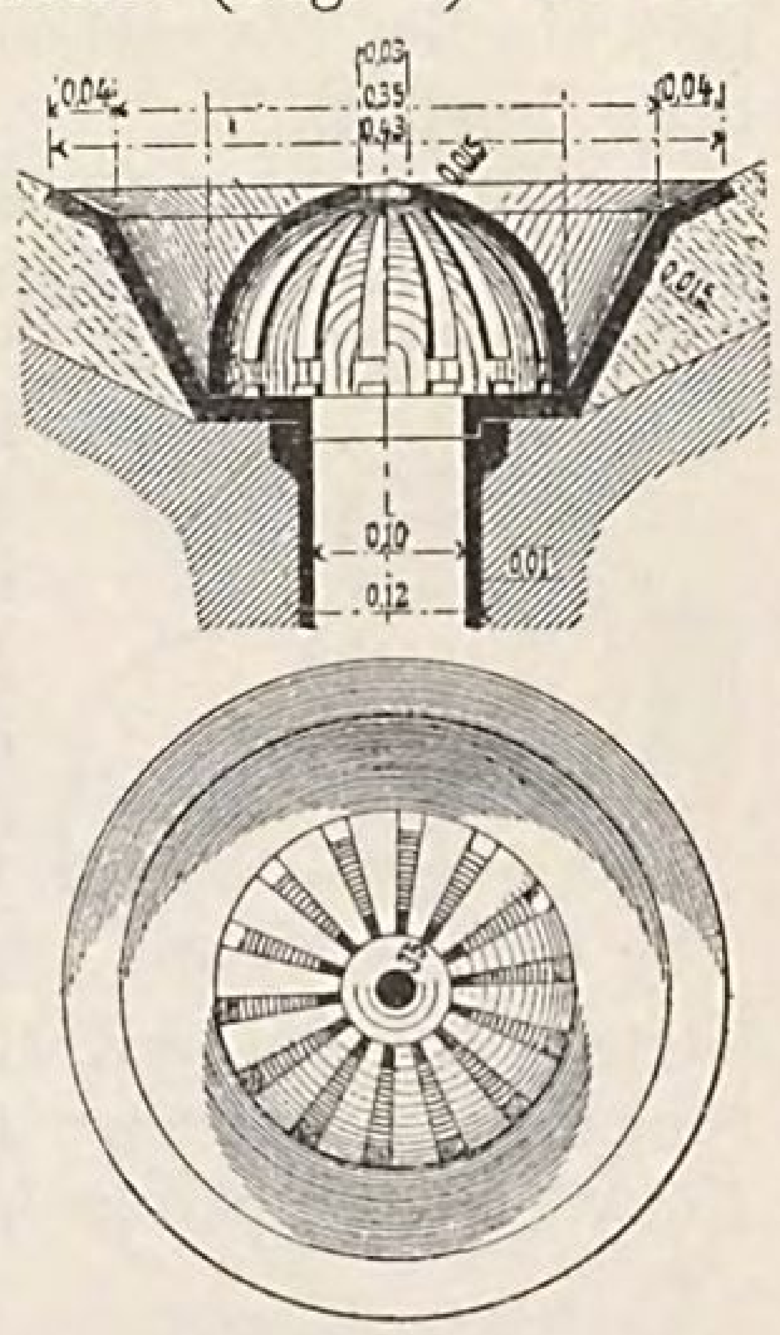


Fig. 2.

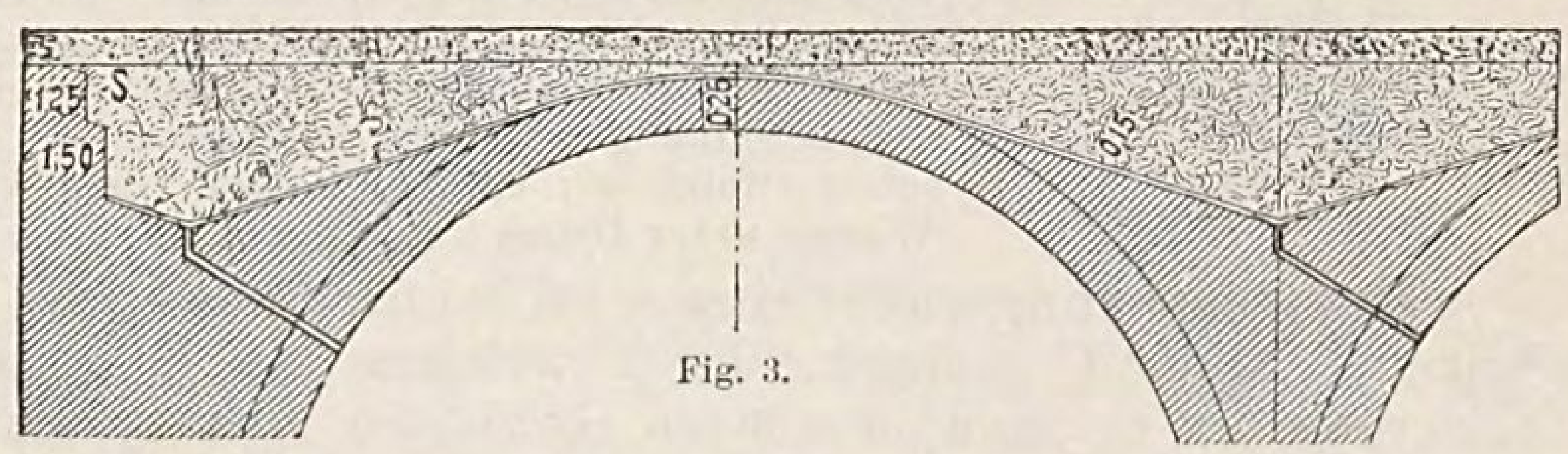


Fig. 3.

Litteratur: Handb. d. Ingenieurwissensch., Bd. 2, Brückenbau, Leipzig 1886. **Melan.**

Entwässerung der Strassen, s. Strassenentwässerung.

Entwässerung von Schiffen, s. Drainageeinrichtung.

Entwässerungsanlagen bei Flusskanalisirung sind unentbehrlich, wenn vom Lande her Grundwasser und Tagwasser gegen den durch Kanalisirung gehobenen Wasserlauf vordringt; für diese Wässer ist eine neue Vorflut zu schaffen, welche das Ansteigen der Welle über eine gewisse Grenze hinaus verhindert. Die hierzu dienlichen Entwässerungsanlagen sind in der Regel zu beiden Seiten der Flusskanalisirung erforderlich und müssen neben dem vom Lande kommenden Grundwasser und Tagwasser auch auf die unvermeidlichen, vom Kanal herrührenden Infiltrationen Rücksicht nehmen. In der Regel ist es möglich, die Vorflut dadurch zu schaffen, dass man Seitengräben herstellt, welche jeweils unterhalb der in die Kanalisirung eingesetzten Stauanlagen das abgefangene Wasser dem kanalisirten Flusse wieder überliefern (natürliche Vorflut). Manchmal gibt es jedoch kein anderes Auskunftsmittel als die Zusammenleitung des Wassers aus dieser Entwässerungsanlage in ein tief gelegenes Wasserbecken und die maschinelle Wasserhebung aus dem letzteren in den kanalisirten Fluss (künstliche Vorflut).

Entwässerungshähne, zur Entleerung der Rohrleitungen, sollen bei jeder Hauswasserleitung angewendet werden; am besten setzt man dieselben unmittelbar hinter das Hauptabsperrventil der Hausleitung an leicht zugänglicher Stelle im Keller. Es werden hierzu sowohl Lilienhähne (Fig. 1) als auch Ventilhähne (Fig. 2) verwendet, auch werden die Entwässerungshähne öfters mit den Hauptabsperrventilen verbunden, d. h. letztere werden mit einem seitlichen Stutzen zum Einschrauben des Entwässerungshahnes versehen (s. Fig. 3). Bei gewöhnlichen Hausleitungen werden die Entwässerungshähne $^1/_4$ oder $^3/_8$" engl. stark genommen.

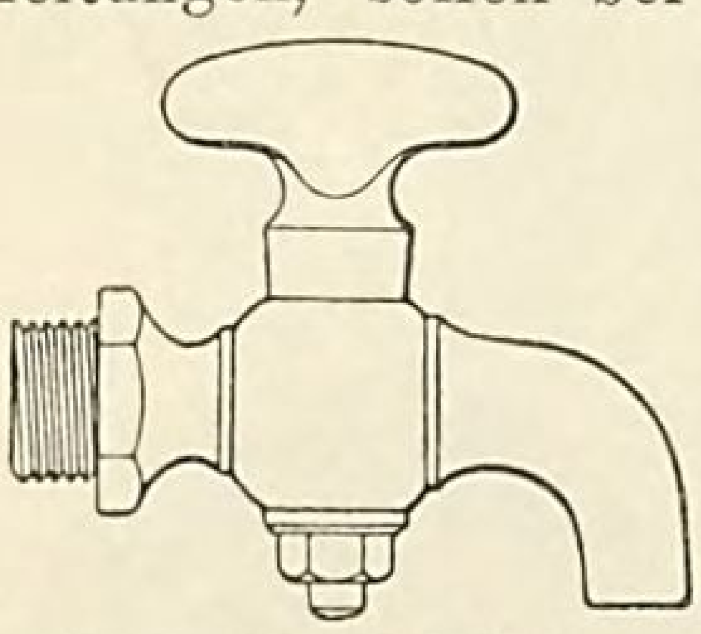


Fig. 1. Massstab 1 : 2.

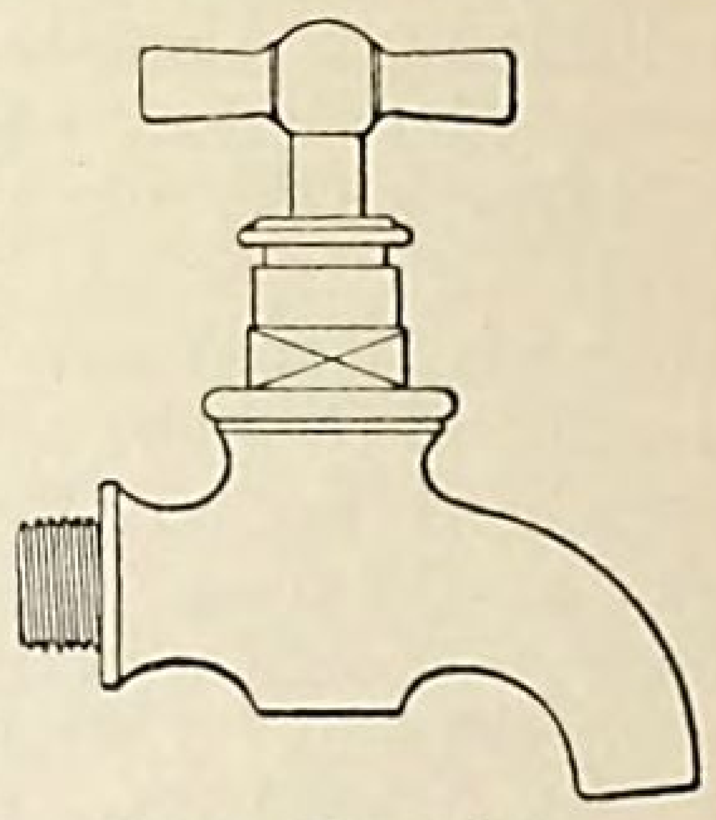


Fig. 2. Massstab 1 : 2.

Unter Entwässerungshähnen versteht man auch zuweilen Durchgangshähne mit Selbstentwässerung, bei welchen nach geschlossenem Durchgang der hinter dem Hahn liegende Rohrstrang sich selbstthätig entwässert; es sind meistens Konushähne; ist der Konus geschlossen, so läuft das Wasser des abgesperrten Stranges durch eine Bohrung in der Lilie und durch eine Oeffnung in der Wandung des Gehäuses ab. Auch Ventilhähne sind in solcher Weise konstruirt worden, doch sind dieselben nicht sehr gebräuchlich; sie haben in der Regel den Fehler, dass es nicht möglich ist, die Entleerungsöffnung erst dann frei zu machen, wenn der Ventilabschluss schon erfolgt ist; es findet also schon vorher ein Abschluss von Wasser unter Druck durch die bereits freie Oeffnung statt. *Blecken.*

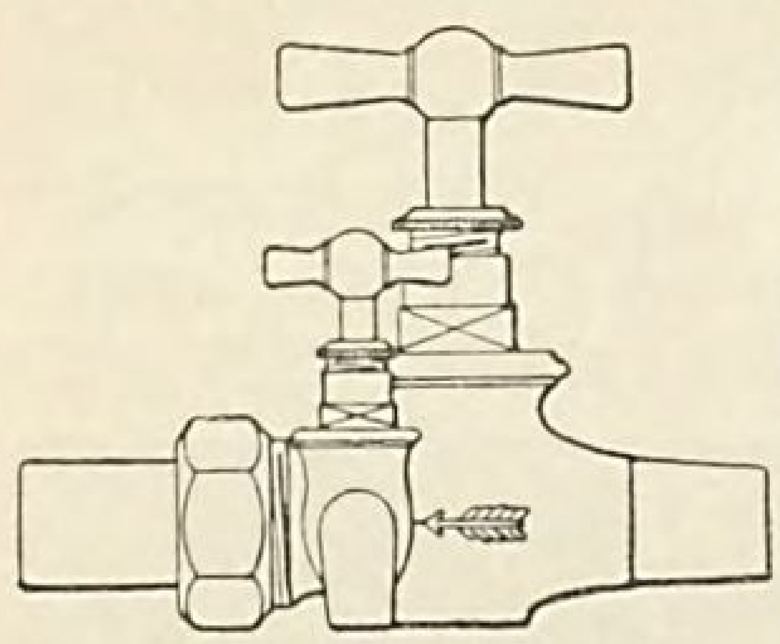


Fig. 3. Massstab 1 : 4.

Entwässerungsmaschine wird bei der Herstellung des Holzzeuges (s. d.) derjenige Apparat genannt, durch welchen die Holzfasermasse behufs Verminderung des zu transportirenden Gewichtes vom Wasser befreit wird. Der Apparat besteht gewöhnlich aus einem Metallsieb, durch welches das Wasser abzufliessen vermag, während der zurückbleibende Faserstoff durch einen Filz angesaugt und weiter entwässert wird. S. Holzzeug und Papierfabrikation.

Entwässerungsrohr, s. Drainageeinrichtung.

Entwässerungsvorrichtungen bei Pumpen, die im Freien stehen, zur Verhütung des Einfrierens, bestehen aus einem etwa 1 m tief unter dem Boden am Saug- oder Steigrohr seitlich angebrachten, von oben leicht zu handhabenden Hahn mit Schlüsselstange; derselbe wird bei Frost geöffnet und bei Pumpen ohne tiefer liegenden Arbeitscylinder gleichzeitig der Kolben mittelst des Pumpenhebels so weit heruntergedrückt, dass er die zu diesem Zwecke mit einem Ansatz versehene Saugklappe etwas öffnet, so dass die Luft von oben einströmen und alles über dem Entwässerungshahn befindliche Wasser abfliessen kann. Bei Saug- und Druckpumpen, die dem Frost ausgesetzt sind, muss eventuell auch Druckrohr und Cylinder mit einem oder mehreren Entleerungshähnen versehen werden. Ueber Entwässerungsvorrichtungen bei städtischen Rohrleitungen s. Ablassvorrichtung. *Blecken.*

Entwickler (Hervorrufer), s. Photographie.

Entwicklungsdruck ist der dem Dampfdruck einer Flüssigkeit analoge Maximaldruck eines Gases, mit dem es aus festen oder flüssigen Substanzen entsteht. Dieser Druck ist mit der Temperatur sehr veränderlich, jedoch bei konstanter Temperatur konstant, insbesondere von den Mengen der festen oder flüssigen Stoffe unabhängig. Er ist nicht überschreitbar: durch Volumverminderung des Gases in Berührung mit den es entwickelnden Körpern erfolgt keine Druckerhöhung, sondern ein Rückgang der Zersetzung, deren Produkt das Gas bildet, wie beim Dampf in Berührung mit seiner Flüssigkeit auch der Druck nicht wächst, sondern Kondensation erfolgt. *Abegg.*

Entwicklungsfarben, eine Reihe teils anorganischer, teils organischer Farben, welche aus einfacheren farblosen oder farbigen Verbindungen auf der Faser durch eigenartige Prozesse gebildet werden.

Als Beispiele anorganischer Entwicklungsfarben seien Eisenchamois, Chromgelb, Chromorange, Berlinerblau, Manganbister genannt, welche auf der Faser durch wechselseitige Zersetzung gewisser Metallsalze oder infolge des Einflusses von Feuchtigkeit und Wärme auf Metallsalze flüchtiger Säuren oder durch Einwirkung von Alkali- oder Erdalkalihydroxyden auf Metallsalze und nachfolgende Oxydation der fixirten Metallhydroxyde mittelst Luftsauerstoff oder Oxydationsmitteln entstehen.

Beispiele organischer Entwicklungsfarben bieten Indigo (s. d.), Indophenol (s. Farbstoffe, pflanzliche), Cachou de Laval (s. d.), Katechu (s. d.), Anilinschwarz (s. d.), die auf der Faser erzeugten und die ähnlich dem Primulinrot (s. Ingrainfarben in diesem Artikel) weiter entwickelten Azofarben. Namentlich die beiden letzteren Farbengruppen pflegt man als Entwicklungsfarben zu bezeichnen.

I. Die auf der Faser erzeugten Azofarben.

Die schönen Töne, welche die Azoponceaux den animalischen Fasern verleihen, regten den Wunsch an, ein Verfahren zu finden, welches die Fixirung dieser Farbstoffe auf der Baumwollfaser gestattete. Ihre Verwendbarkeit in der Woll- und Seidenfärberei ist durch ihre Wasserlöslichkeit gegeben, diese aber wiederum durch die in ihnen enthaltene Sulfogruppe bedingt. Dieselben Körper, nicht sulfonirt, sind in Wasser unlöslich, ohne damit ihren Charakter als Farbstoffe einzubüssen. Soweit sie sich vom Betanaphthol als dem wichtigsten der zu ihrer Herstellung dienenden Phenole ableiten, sind sie auch vollkommen seifen- und alkaliecht.

Die Bildung dieser Azofarben beruht auf der Eigenschaft der primären Amine der aromatischen Reihe, unter der Einwirkung von salpetriger Säure oder von Nitriten in saurer Lösung in Diazoverbindungen überzugehen, welche in Gegenwart von Alkalien mit Phenolen zu Azokörpern zusammentreten. Salzsaures Paranitranilin z. B. verwandelt sich bei Einwirkung von Natriumnitrit und Salzsäure in Paranitrodiazobenzolchlorid:

$$NO_2.C_6H_4.NH_2.HCl + NaNO_2 + HCl = NO_2.C_6H_4.N_2.Cl + NaCl + 2\,H_2O.$$

Paranitrodiazobenzolchlorid liefert bei der Vereinigung mit Betanaphtholnatrium Naphtholazonitrobenzol oder Paranitranilinrot:

$$NO_2.C_6H_4.N_2.Cl + C_{10}H_7.ONa = NO_2.C_6H_4.N_2.C_{10}H_7O + NaCl.$$

Nach diesem Beispiel muss die Bildung eines derartigen Farbstoffes stets dann erfolgen, wenn Amin, Nitrit und Phenol unter geeigneten Bedingungen zusammengebracht werden. Die dabei zu beobachtende Reihenfolge ist durch die praktischen Rücksichten bestimmt, deren Einhaltung das Ziel am sichersten erreichen lässt. Dieses Ziel aber war die Hervorbringung dieser Azofarben aus den genannten löslichen Substanzen und ihre gleichzeitige Befestigung auf der Baumwolle auf Grund ihrer Unlöslichkeit. In dieser Richtung angestellte Versuche sind zuerst von Read Holliday & Sons in Huddersfield (1880), Graessler (1880) und Henri Schmid (1881) ausgeführt worden. Die Firma J. J. Weber in Winterthur aber war die erste, welche eine leicht und sicher ausführbare Methode zur Fixirung der unlöslichen Azofarben auf der Faser in rationeller Weise ausbildete. 1889 veröffentlichten die Farbwerke vorm. Meister, Lucius & Brüning in Höchst sehr sorgfältig ausgearbeitete „Vorschriften zur Erzeugung unlöslicher Azofarbstoffe auf der Baumwollfaser“ [1]. Insbesondere ist es letzterer Firma gelungen, eine Schwierigkeit zu beseitigen, welche darin bestand, dass der mit der alkalischen Phenollösung getränkten Faser nur eine zur Bindung der Säure der Diazolösung nicht hinreichende Menge Alkali einverleibt werden konnte. Die Beobachtung, dass freie Essigsäure die Reaktion zwischen Diazoverbindungen und Phenolen nicht in derselben Weise hindert wie starke Mineralsäure, in der Art nutzbar gemacht, dass die Diazolösung unmittelbar vor dem Gebrauch mit so viel essigsaurem Natron versetzt wird, dass die freie Mineralsäure in ihr Natronsalz übergeführt wird, während entsprechende Mengen Essigsäure frei werden, welche die gewünschte Reaktion nicht verhindern, führte zu einem glatt verlaufenden Verfahren der Darstellung dieser unlöslichen Azofarben auf der Baumwollfaser.

Im Prinzip besteht das Verfahren im Durchtränken des zu färbenden Materials mit der alkalischen Lösung des Phenols und dem folgenden Durch-

nehmen durch die Lösung der Diazoverbindung oder Bedrucken mit derselben in passend verdicktem Zustande. Für die Erzeugung einer guten Farbe ist die genaue Einhaltung des richtigen Mengenverhältnisses zwischen Base, Säure, Nitrit, Acetat, Phenol und Alkali unbedingtes Erfordernis. Die vom Betanaphthol sich ableitenden unlöslichen Azofarben sind ziemlich waschecht und sehr säure- und alkaliecht. Ihre Lichtechtheit ist im allgemeinen nicht befriedigend. Durch Behandlung mit kochender Kupfervitriollösung kann sie etwas verbessert werden, indessen wird dadurch auch der Farbenton beeinflusst. Die Betanaphtholazofarben sind gegenüber den entsprechenden Verbindungen aus Alphanaphthol und den anderen Phenolen ganz unlöslich in alkalischen Laugen und werden deshalb und wegen ihrer lebhaften Farbentöne vorwiegend angewendet. — Mit den häufiger in Verbindung mit den beiden Naphtholen gebrauchten diazotirten Basen werden die folgenden Farben erhalten:

Name der Base	Farbe mit Betanaphthol	Farbe mit Alphanaphthol
Anilin	Orangegelb	Katechubraun
Paratoluidin	Gelborange	desgl.
Metanitranilin	feuriges rötl. Gelb	bräunl. Orange
Paranitranilin	Scharlachrot	desgl.
Nitroparatoluidin	Orange	Katechubraun
Orthonitroparaphenetidin [2]	bläuliches Rot	—
α-Naphthylamin	bläul. Bordeauxrot	rötl. Puce
β-Naphthylamin	Türkischrot	desgl.
Amidoazobenzol	Rot	desgl.
Orthoamidoazotoluol . . .	gelbl. Bordeauxrot	desgl.
Benzidin	Puce	Dunkelbraun
Tolidin	Puce	desgl.

Von diesen Farben werden vorwiegend das Bordeauxrot aus diazotirtem Alphanaphthylamin und Betanaphthol, das Türkischrot aus diazotirtem Betanaphtylamin und Betanaphthol und das Scharlachrot aus diazotirtem Paranitranilin und Betanaphthol auf Baumwolle entwickelt. Für die Erzeugung des letzteren bietet das Nitrosaminrot in Teig der Badischen Anilin- und Sodafabrik, Ludwigshafen, aus dem Natronsalz des Paranitrophenylnitrosamins bestehend, ein bequemes Mittel [3]. Neuerdings ist das von F. Storck entdeckte, durch seinen schönen blauen Ton und seine Echtheit ausgezeichnete Dianisidinnaphtholblau in Aufnahme gekommen, dessen Herstellungsverfahren in der Einwirkung von diazotirtem Dianisidin auf Betanaphthol bei gleichzeitiger Gegenwart von Kupfersalzen und geeigneten Fettsäureverbindungen besteht und dessen Zusammensetzung an diejenige von Alizarintürkischrot erinnert [4].

II. Die auf der Faser weiter entwickelten Azofarben.

Zu dieser Gruppe gehören diejenigen Farben, welche die Eigenschaft besitzen, nachdem sie aufgefärbt sind, auf der Faser diazotirbar zu sein und in der Diazoform sich mit geeigneten basischen und phenolartigen Verbindungen zu neuen, der Faser fest anhaftenden Azofarben zu vereinigen.

A. Ingrainfarben. Die Beobachtung dieser Eigenschaft wurde zuerst durch Green (1888) am Primulin gemacht. Das Primulin liefert als Sulfosäure eines primären Amins eine Diazoverbindung, welche mit Aminen und Phenolen Azofarben erzeugt. Diese Reaktionen lassen sich auf der mit Primulin gefärbten Faser verwirklichen und es besitzen die so gewonnenen Färbungen eine grosse Wasch-, Walk- und Säureechtheit. Diese Eigenschaften haben zu der Wahl des Namens Ingrainfarben geführt. Da die Ingrainfarben in isolirtem Zustande in Wasser löslich sind, so ist die Echtheit ihrer Färbung wohl einer innigen Verbindung mit der Faser zuzuschreiben und nicht auf Unlöslichkeit wie bei den unlöslichen Azofarben zurückzuführen.

Die Ingrainfarben werden meist auf Baumwolle gefärbt. Dieselbe wird zunächst im konzentrirten Primulinbade mit 3—5 % Farbstoff und 10 % Kochsalz angefärbt. Als zweite Operation folgt die Diazotirung im Nitritbade. Dasselbe besteht aus einer 0,5—0,7-prozentigen kalten, wässerigen, mit Schwefelsäure oder Salzsäure angesäuerten Natriumnitritlösung. Die gelbgefärbte Baumwolle wird so lange in derselben gelassen, bis die Faser von der Lösung unter Farbenwechsel vollständig durchdrungen ist. Hierauf wird sorgfältig gespült. Die dritte Operation führt die eigentliche Färbung herbei. Die Baumwolle wird nun in das Entwicklungsbad, eine Lösung des Entwicklers, gebracht. Die neue Farbe bildet sich sofort und ist nach einigen Minuten vollständig entwickelt. Das Bad wird in der Regel kalt angewendet, für schwer durchdringliche Stoffe wird Entwickeln bei Kochhitze empfohlen. Mit den verschiedenen Entwicklern werden sehr mannigfaltige Töne erhalten. Phenol gibt gelb, Resorcin orange, Betanaphthol rot, Alphanaphthol rubinrot, Betanaphtholsulfosäure *S* scharlachrot, *R*-Salz granatrot, Aethylbetanaphthylamin bordeauxrot, Amidoazobenzol purpurrot, Alphanaphthylamin und

Metatoluylendiamin braun. Während die Echtheit der Färbungen gegen Wäsche, Seife, Walke und Säure eine sehr gute ist, erweist sich ihre Lichtechtheit als ebenso unbefriedigend wie diejenige des Primulins selbst.

B. Neuere Entwicklungsfarben. Wichtigere Entwicklungsfarben finden sich unter den Diaminfarben der Firma L. Cassella & Cie. in Frankfurt a. M. und den Diazofarben der Farbenfabriken vorm. Fr. Bayer & Cie. in Elberfeld. Gleich dem Primulin sind auch diese Farbstoffe auf der Faser weiter diazotirbar und ergeben mit den entsprechenden Entwicklern indigoblaue, dunkelblaue, braune und schwarze Farbtöne mit gesteigerter Intensität des Farbentons, vorteilhafter Veränderung der Farbe und von besonderer Echtheit.

Die Diaminfarben, welche sich auf der Faser diazotiren und weiter entwickeln lassen, sind: Diaminschwarz *RO*, Diaminschwarz *BO*, Diaminschwarz *BH*, Diaminblauschwarz *E*, Diamintiefschwarz *OO*, Diamintiefschwarz *SS*, Oxydiaminschwarz *SOOO*, Diaminbraun *V*, Diaminbraun *M*, Baumwollbraun *A*, Diaminblau 2*B*, Diaminblau 3*B*, Diaminreinblau, Diaminkatechu, Diaminogen extra, Diaminogen *B*, Diaminogenblau *BB*, Diaminogenblau *G*, Diaminazoblau *R*. Die in gleicher Weise verwendbaren Diazofarben sind: Diazobordeaux, Diazorotblau 3 *R*, Diazoblau, Diazobraun *R* extra, Diazobraun *V*, Diazobraun *G*, Diazurin *G* und *R*, Diazoschwarz *H*, Diazobrillantschwarz *B* und *R*, Diazoschwarz *B* und *R*, Diazoblauschwarz, Diazochromin *BS*.

Das Färben mit einem der diazotirbaren Farbstoffe geschieht nach Massgabe des Färbens mit direkten Baumwollfarbstoffen (s. Färben). Das hierauf in kaltem Wasser gespülte Material wird nun im nitrit- und salzsäurehaltigen kalten Bade während 10—15 Minuten diazotirt und in einem mit etwas Salzsäure versetzten Bade gespült. Das Entwickeln wird in kaltem Bade, welches einen der nachstehenden Entwickler enthält, während 10—15 Minuten vorgenommen. Je nach der Wahl des Entwicklers ist die Nuance und die Echtheit der erzielten Färbung verschieden. Als Entwickler haben sich bis jetzt folgende Körper als geeignet erwiesen: Betanaphthol, Alphanaphthol, Naphthylaminäther in Paste und in Pulver (Amidonaphtholäther), Blauentwickler *AN* (γ-Amidonaphtholsulfosäure), Echtblauentwickler *AD* (Amidodiphenylamin), Diamin (Metatoluylendiamin), Resorcin, Phenol, Naphthylaminäther *N*.

Neben dem regulären Verfahren der Erzeugung von Azofarben auf der Faser mit Hilfe von Entwicklern kommt bei Diaminkatechu, Diaminbraun *M*, Diaminbraun *V* und Diazobraun *R* extra auch eine Fixirung diazotirter Färbungen ohne Entwickeln durch einfaches Behandeln mit Soda in Anwendung. Das Verfahren wird ausgeführt, indem man wie gewöhnlich diazotirt, dann aber die Baumwolle in ein 50° warmes 5prozentiges Sodabad einführt, 15 Minuten darin umzieht und sie schliesslich wie üblich wäscht oder seift. — Ausführlicheres in [5].

Litteratur: [1] Lehnes Färberzeitung 1889|90, S. 44, 68. — [2] Ebd. 1892|93, S. 11, 149. — [3] Ebd. 1894|95, S. 99, 315. — [4] Ebd. 1893|94, S. 381, 384. — [5] Knecht, Rawson und Löwenthal, Handbuch der Färberei, Berlin 1895; A. Kertesz, Die Diaminfarben der Farbenfabrik Leopold Cassella & Co., Frankfurt a. M., Frankfurt a. M. 1895|96.

R. Möhlau.

Entzinnen von Weissblech ist, nachdem man jahrelang nach einem geeigneten Verfahren suchte, endlich gelungen und lassen sich Weissblechabfälle, die wertlos waren, nutzbar machen. Die Abfälle werden mit verdünntem Chlorgas behandelt und zwar bei einer Temperatur, welche über dem Siedepunkte des Zinnchlorids liegt, damit dasselbe sofort nach seiner Bildung als Dampf fortgeführt wird, während es sonst, wenn es als Flüssigkeit mit den Rückständen in Berührung bleibt, unter Reduktion zu Zinnchlorür die Bildung von Eisenchlorid veranlasst. Die Zinnchloriddämpfe werden durch Dampf oder Berührung mit feuchtgehaltenen Flächen in geräumigen Kondensationskammern niedergeschlagen oder von Zinnchloridlösung von mittlerer Konzentration aufgenommen.

Andés.

Entzündungstemperatur, s. unter Explosion.

Enveloppen. a. In der ebenen analytischen Geometrie ist eine Enveloppe (Hüllkurve, einhüllende Kurve) der Ort der Schnittpunkte benachbarter Kurven einer Kurvenschar.

Dieselbe berührt alle Kurven der Schar. Ist $f(x, y; \lambda) = 0$ die Gleichung der letzteren, so erhält man die Gleichung der Enveloppe durch Elimination des Parameters λ auf $f = 0$ und $\frac{\partial f}{\partial \lambda} = 0$. Zu den Enveloppen gehören die Reziprokalkurven, die Evoluten, die Parallelkurven [1].

b. In der Raumgeometrie besitzt eine einfache Flächenschar $f(x, y, z; \lambda) = 0$ zweierlei Enveloppen: Eine Fläche, welche von den (Charakteristiken genannten) Schnittkurven je zweier benachbarter Scharflächen erzeugt wird; deren Gleichung ergibt sich durch Elimination von λ aus $f = 0$ und $\frac{\partial f}{\partial \lambda} = 0$. Ferner eine Raumkurve, das Erzeugnis der Schnittpunkte auf einander folgender Charakteristiken; ihre Gleichungen erhält man durch Elimination von λ aus $f = 0$; $\frac{\partial f}{\partial \lambda} = 0$; $\frac{\partial^2 f}{\partial \lambda^2} = 0$.

Eine Doppelschar von Flächen $f(x, y, z; \lambda, \mu) = 0$ hat zur Enveloppe eine Fläche, deren Gleichung durch Elimination von λ und μ aus $f = 0$; $\frac{\partial f}{\partial \lambda} = 0$; $\frac{\partial f}{\partial \mu} = 0$ sich ergibt. Eine Raumkurvenschar hat zur Enveloppe eine Raumkurve, eine Raumkurvendoppelschar eine Fläche. Beispiele von Enveloppen sind die Reziprokalflächen, die abwickelbaren Flächen, die Cykliden, die Krümmungszentraflächen, die Parallelflächen.

Litteratur: [1] Salmon, An. Geom. der höh. eb. Kurven, 2. Aufl., Leipzig 1882, Kap. 3. *Wölffing.*

Enzenauer Marmor, s. Kalkstein.

Eocän, Eocänformation (Eocänperiode), s. Tertiärformation.

Eogenformation oder Eogen werden in der Geologie die beiden ältesten Abteilungen der Tertiärformation, das Eocän und das Oligocän, bezeichnet, s. Tertiärformation.

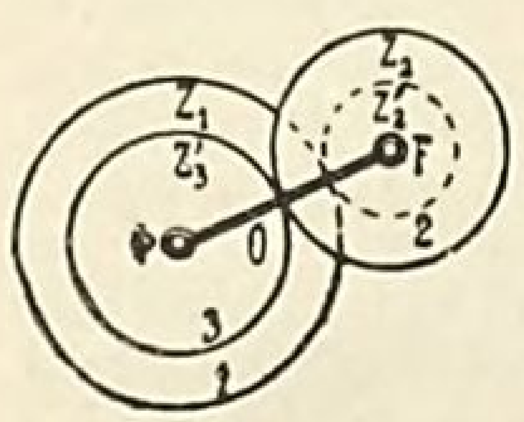
Eosin, s. Farbstoffe, künstliche organische.

Eozoische Formation, s. Urgebirge.

Ephemeriden, s. Astronomische Jahrbücher.

Ephoralkirche, in protestantischen Ländern die Kirche des Superintendenten.

Epicykelvorgelege. Die bei demselben vorkommenden Zahnräder sind in beistehender Figur schematisch durch Kreise dargestellt. Um die feste Axe Φ eines festen Rades 1 dreht sich der Arm 0, in welchem die Axe F eines Doppelrades 2 gelagert ist, und ferner dreht sich um die feste Axe Φ ein Rad 3. Die Zahnkränze Z'_2, Z_2 des Doppelrades 2 greifen resp. in die Zahnkränze Z_1, Z'_3 des festen Rades 1 und des rotirenden Rades 3. Durch eine Drehung des Rades 3 um die feste Axe Φ wird eine entsprechende Drehung des Armes 0 um dieselbe Axe bewirkt. Das Doppelrad 2, dessen Axe F mit dem Arm 0 um die feste Axe Φ rotirt, umläuft das ruhende Rad 1 und das bewegte Rad 3 und vollzieht gegen dieselben epicykloidische Bewegungen. Diese Vorrichtung, durch welche vermittelst des umlaufenden Doppelrades 2 die Drehung des Rades 3 in bestimmtem Verhältnis auf den Arm 0 übertragen wird und zur Kraftübersetzung dient, heisst Epicykelvorgelege oder auch Umlaufvorgelege. Um das Uebersetzungsverhältnis des Rades 3 zum Arm 0 zu erhalten, nehmen wir zunächst den Arm 0 als festes Glied an, dann rotiren die beiden Räder 1, 3 um die feste Axe Φ und das Doppelrad 2 rotirt um die jetzt feste Axe F. Diese Vorrichtung bildet, wenn das Glied 0 als fest betrachtet wird, ein doppelaxiges Vorgelege.



Bezeichnen ω_{10}, ω_{30} die Drehgeschwindigkeiten der koaxialen Räder 1 und 3 in Bezug auf das Glied 0, ferner Z_1, Z'_2, Z_2, Z'_3 die Zähnezahlen der gleichbezeichneten Zahnkränze, so ist das Uebersetzungsverhältnis (s. d.) vom Rade 1 zum Rade 3

$$\frac{\omega_{10}}{\omega_{30}} = \frac{Z'_2 \cdot Z'_3}{Z_1 \cdot Z_2} = \nu.$$

Betrachten wir nun wieder das Rad 1 als fest und das Glied 0 als bewegt; bezeichnen wir mit ω_{01} die Drehgeschwindigkeit des Gliedes 0 gegen das feste Rad 1, ferner mit ω_{31} die Drehgeschwindigkeit des Rades 3 gegen das Rad 1, dann ist $\omega_{10} = -\omega_{01}$, $\omega_{30} = \omega_{31} - \omega_{01}$. Hiernach erhalten wir

$$\frac{\omega_{30}}{\omega_{10}} = \frac{\omega_{31} - \omega_{01}}{-\omega_{01}} = \frac{1}{\nu},$$

und es ergibt sich das Uebersetzungsverhältnis vom Rade 3 zum Arme oder Gliede 0

$$\frac{\omega_{31}}{\omega_{01}} = 1 - \frac{1}{\nu} = 1 - \frac{Z_1 \cdot Z_2}{Z'_2 \cdot Z'_3}.$$

Sind z. B. die Zähnezahlen $Z_1 = 101$, $Z'_2 = 100$, $Z_2 = 99$, $Z'_3 = 100$, dann ist das Uebersetzungsverhältnis $\frac{\omega_{31}}{\omega_{01}} = 1 - \frac{101.99}{100.100} = \frac{1}{10000}$. Während der Arm 0 zehntausend Umdrehungen macht, vollendet das Rad 3 eine Umdrehung in gleichem Sinne. Wirken an dem Arme 0 und an dem Rade 3 in gleichem Abstande von der Axe Φ in tangentialen Richtungen resp. die Kräfte K_0, K_3, so stehen die Kräfte K_0, K_3 in dem Verhältnis 1 : 10000.

Wenn die Rollkreisradien oder die Zähnezahlen der beiden koaxialen Räder 1, 3 wenig differiren, wie im obigen Beispiel, so kann man das Doppelrad 2 durch ein einfaches Rad ersetzen, und es ist $Z_2 = Z'_2$. Hiernach ergibt sich

$$\frac{\omega_{31}}{\omega_{01}} = 1 - \frac{Z_1}{Z'_3}.$$

In diesem Falle ist für $Z_1 = 101$, $Z'_3 = 100$. $\frac{\omega_{31}}{\omega_{01}} = -\frac{1}{100}$.

Während der Arm 0 hundert Umdrehungen macht, vollendet das Rad 3 eine Umdrehung in entgegengesetztem Sinne.

Litteratur: L. Burmester, Lehrb. d. Kinematik, Leipzig 1888, Bd. 1, S. 497. ***Burmester.***

Epicykloide, s. Cyklische Kurven.

Epidosit, s. Hornblendeschiefer.

Epidot, Pistazit, Eisenepidot, ein Mineral, Thonerde-Eisenoxyd-Kalksilikat = $Si_6 O_{26} Al_3 Fe_3 Ca_4 H_2$ (36—40% SiO_2, 18—19% $Al_2 O_3$, 7—17% $Fe_2 O_3$, 21—25% CaO, 2% $H_2 O$) kristallisirt monoklin, lang säulenartig, auch derb, spaltbar nach mehreren Richtungen, muschelig bis uneben brechend. Glasglänzend, auf Spaltungsflächen diamantglänzend; durchsichtig bis durchscheinend, selten farblos, meist hellgelb, -grau, -grün und bei hohem Eisengehalt auch dunkelgrün. Spröde. Härte 6,5; spez. Gewicht 3,3—3,5. Schmilzt vor dem Lötrohr, von Säuren wenig angreifbar, doch wird er in Pulverform von kochender Salzsäure allmälich zersetzt. Wird in kristallinen Schiefern gefunden. — Wird zuweilen, aber immerhin untergeordnet, als Edelstein verwendet; er nimmt eine sehr schöne Politur an. Man schleift ihn mit Schmirgel auf einer Metallscheibe und polirt ihn mit Tripel auf einer Zinnscheibe. In grösseren Massen vorkommend, findet er Benützung als Zuschlag beim Schmelzen der Eisenerze. *Leppla.*

Epidotschiefer, s. Hornblendeschiefer.

Epistelseite ist die Seite des Altares, wo die Episteln abgesungen wurden; in den ersten christlichen Zeiten war dies die nördliche und später bei Umkehr der Orientirung die südliche Seite des Altares.

Epistylium (Epistylion), s. Architrav.

Epitaphium, ursprünglich Grabinschrift, später die an der Wand der Kirchen angebrachten, oft sehr reich ornamental und figural dekorirten Denkmale, die hervorragenden verstorbenen Persönlichkeiten gewidmet waren.

Epitrochoide, s. Cyklische Kurven.

Eppelsheimer Sand oder Dinotherium-Sand wird eine vorwiegend sandige, auch wohl konglomeratische Schichtenreihe genannt, welche der untern Pliocänformation des Tertiärs im Mainzer Becken (Eppelsheim) angehört und über dem Korbikulakalk lagert. Die Sande sind gelb oder weiss, selten rötlich und wie die Gerölle fast ausschliesslich aus Quarz bestehend. Einzelne Lagen sind durch Brauneisenerz zu Sandstein verkittet, wie überhaupt dieses Erz einen charakteristischen Bestandteil der Sande bildet. Lager von weissem und grauem Thon sind zwischengeschaltet. Die Mächtigkeit beträgt nur einige Meter. Berühmt sind die Sande durch die vielen Funde von Knochen grosser, vorweltlicher Wirbeltiere (Dinotherium). Die mächtigeren Thonlager werden als feuerfeste Thone, Porzellanthone, die rein weissen Sande als Glassande viel verwendet, besonders am südlichen Rand des Mainzer Beckens gegen die Pfalz zu (Eisenberg und Hettenleidelheim). *Leppla.*

Epsomer Salz, Epsonit, s. Bittersalz.

Epurateur nennt man in der Papierfabrikation speziell bei der Herstellung des Holzzeuges denjenigen Apparat, welcher die Sortirung der vom Zerfaserer gelieferten Holzfasern in mehrere Feinheitsproben zu bewirken hat und aus mehreren neben oder über einander angeordneten Cylinder- oder Rahmensieben besteht. S. Holzzeug. *Maxim. Kraft.*

Er, chemisches Zeichen für Erbium.

Erbsenstein, s. Aragonit.

Erbstollen, s. Grubenbetrieb.

Erdanker, s. Verankerung.

Erdarbeiten umfassen alle die zur Herstellung eines Abtrags oder Auftrags, eines Einschnittes oder einer Bodenvertiefung, einer Anschüttung, Aufschüttung oder Bodenerhöhung erforderlichen Arbeiten und gliedern sich demnach in vorbereitende und eigentliche Erdarbeiten. Die vorbereitenden Arbeiten bestehen in den topographischen Vermessungen, Absteckungen und Profilaufnahmen, Bodenuntersuchungen, Erdmassenberechnungen, Massenverteilungen und Kostenanschlägen, während zu den eigentlichen Erdarbeiten die Bodenlösung und Bodengewinnung, die Bodenförderung und der Bodentransport, die Bildung der Dämme der Abträge oder Einschnitte, die Befestigung der Böschungen (s. Böschungsarbeiten) und die Massnahmen gegen Rutschungen, ferner Dammbewegung und Einschnitt gehören (s. die betreffenden Artikel).

Litteratur: Henz, Prakt. Anleitung zum Erdbau, 3. Aufl., herausgegeben von W. Streckert, Berlin 1874. — Handb. d. Ing.-Wissensch. Bd. 1, Abt. 1, 2. Aufl., Leipzig 1883, S. 182 u. 325. — W. Heyne, Der Erdbau in seiner Anwendung auf Strassen- und Eisenbahnbau, Wien 1874. — Barkhausen, Handb. d. Bauk. Abt. 3, Heft 4, Berlin 1892, S. 1. *L. von Willmann.*

Erdarten, s. Bodenarten.

Erdaxenschwankung. Dass die Polhöhen (geographischen Breiten) der Punkte auf der Erdoberfläche in aller Strenge konstant seien, ist schon längst bezweifelt worden; der Beweis der Veränderlichkeit fehlte aber bis vor wenigen Jahren. Erst durch die von der internationalen Erdmessung veranlassten Beobachtungsreihen darf als erwiesen gelten, dass kleine „Schwankungen der Erdaxe“ (Verlegungen der Drehaxe der Erde im Erdkörper) vorhanden sind.

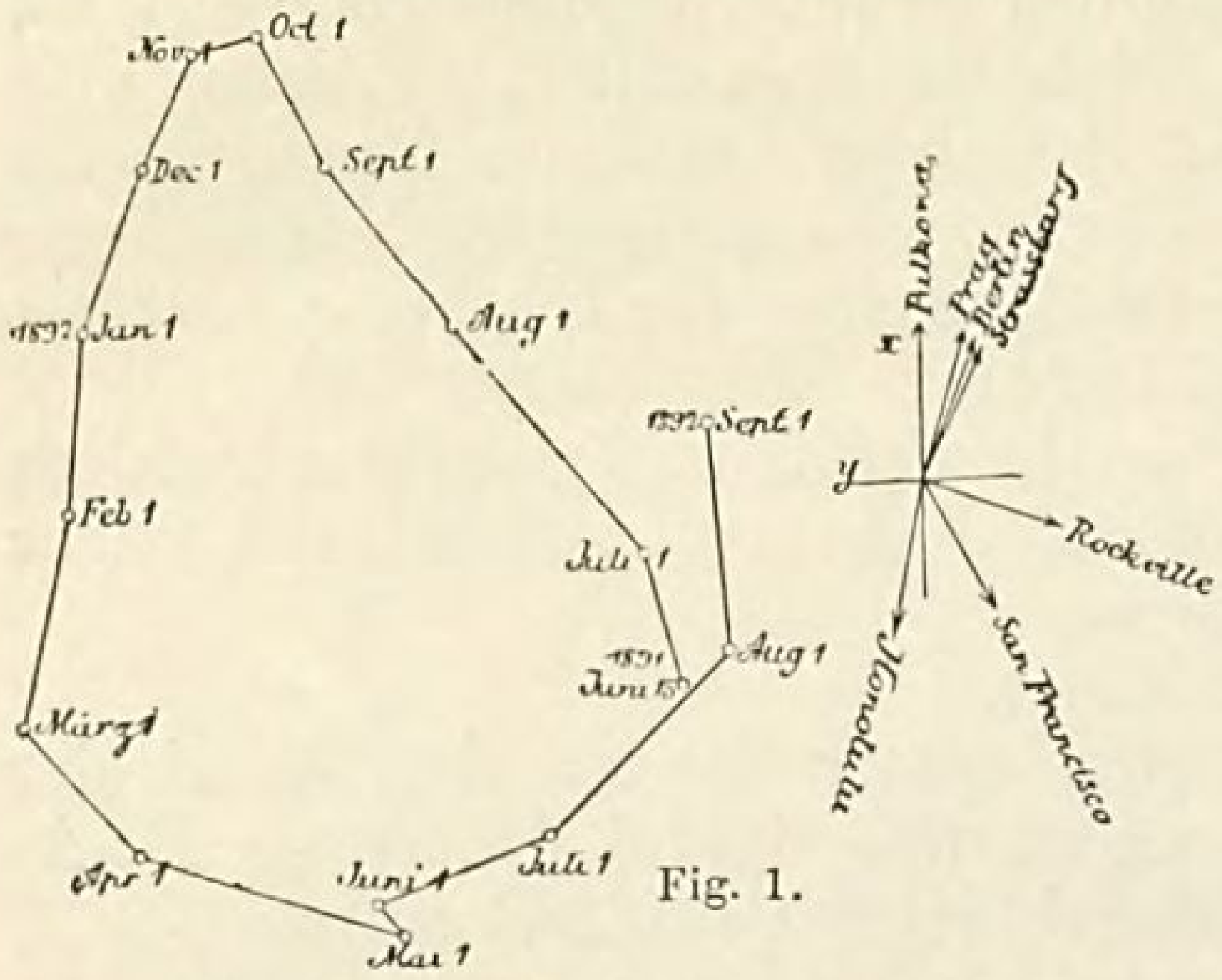


Fig. 1.

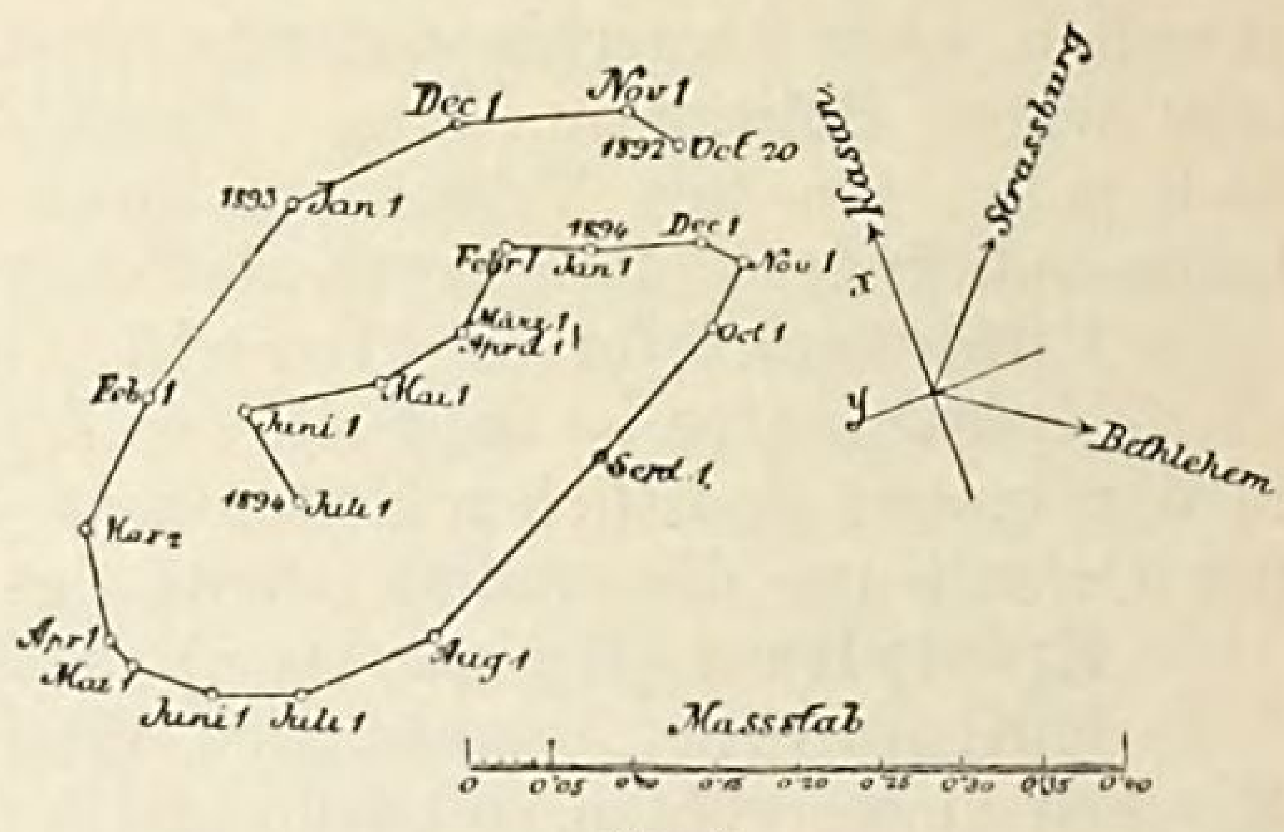


Fig. 2.

Bis etwa 1893 glaubte man die Bewegung der Axe wesentlich als konischen Umlauf um eine bestimmte Mittellage erklären zu können und nahm nach den Untersuchungen von Chandler, Nyrén u. a. als Dauer der Periode 420—430 Tage an, während die ganze Oeffnung des Kegels etwa 0,5" bis 0,6" betragen sollte (auf der Erdoberfläche der Strecke 15—20 m entsprechend); der jeweils thatsächlich vorhandene Nordpol der Erde hätte sich hiernach in einem Punkt eines Kreisumfangs von etwa 7—9 m Halbmesser um die mittlere Pollage befunden und diesen Umfang in der angegebenen Zeit durchlaufen [1]. Die neueren Untersuchungen sind in [2] u. [3] enthalten; es ist jetzt sicher, dass Interpolationsformeln von so einfachem Bau, wie sie Chandler u. a. aufstellten, die wirkliche Bewegung der Erdaxe nicht darzustellen vermögen, jedenfalls nicht, wenn eine grössere Zeitdauer in Betracht kommt — z. B. bei Vorausbestimmung der Lage der Erdaxe auf längere Zeit. Die Erscheinung ist vielmehr höchst komplizirt — es vermischen sich verschiedene periodische „Schwankungen“ (u. a. auch eine jährliche) und die Erdaxe kommt wohl nie mehr genau in eine zuvor inne gehabte Lage zurück; es bleibt vorläufig nichts übrig, als die Erscheinung rein empirisch durch fortgesetzte Beobachtungen zu verfolgen und dies hat, besonders auf Verlangen von Helmert und Förster, die internationale Erdmessung übernommen und wird es weiter übernehmen; in Zukunft werden vier, sehr nahezu demselben Parallelkreis der Erde angehörende Polhöhenstationen als „Ueberwachungsdienst der Erdaxe“ eingerichtet werden.

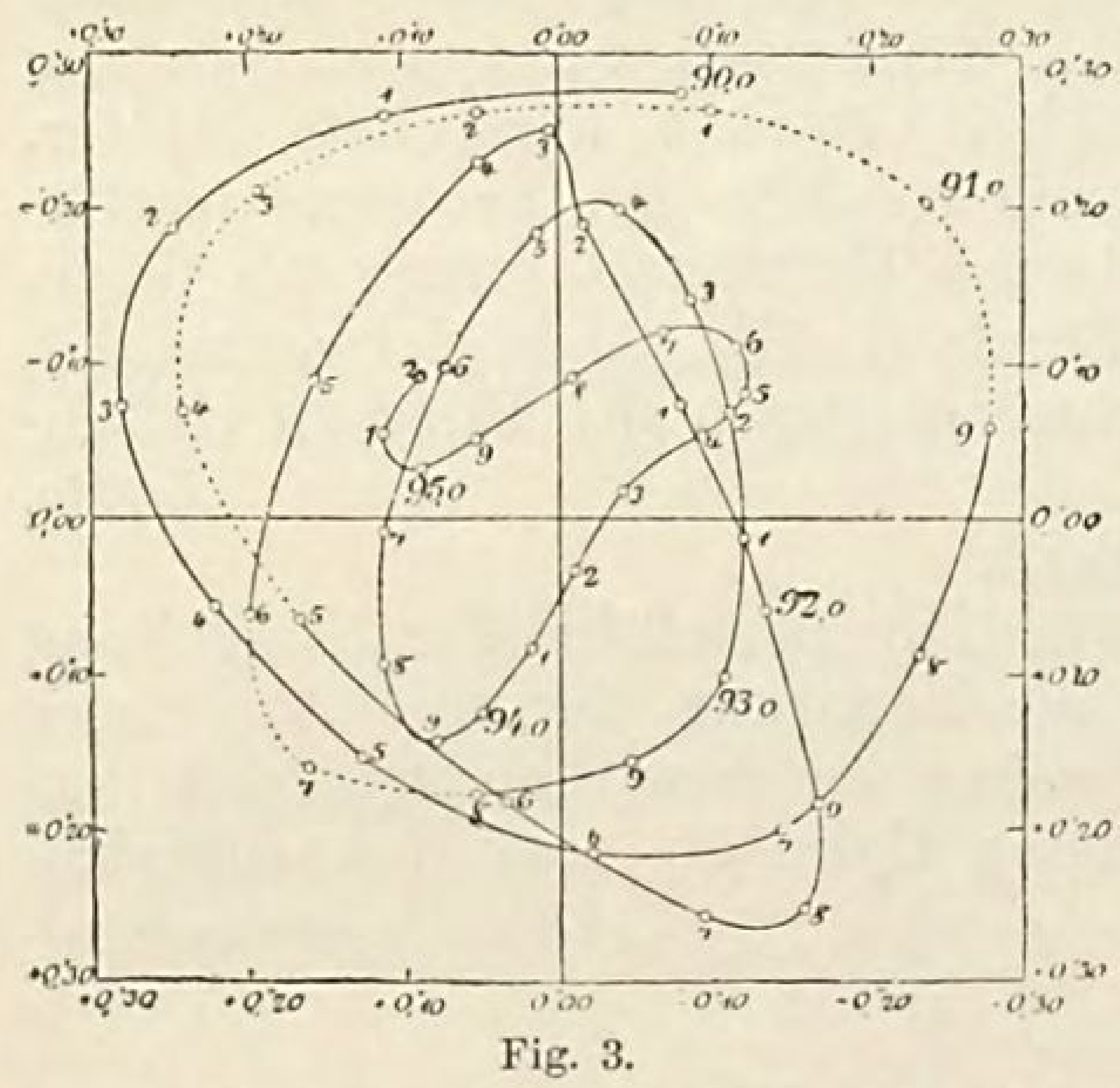


Fig. 3.

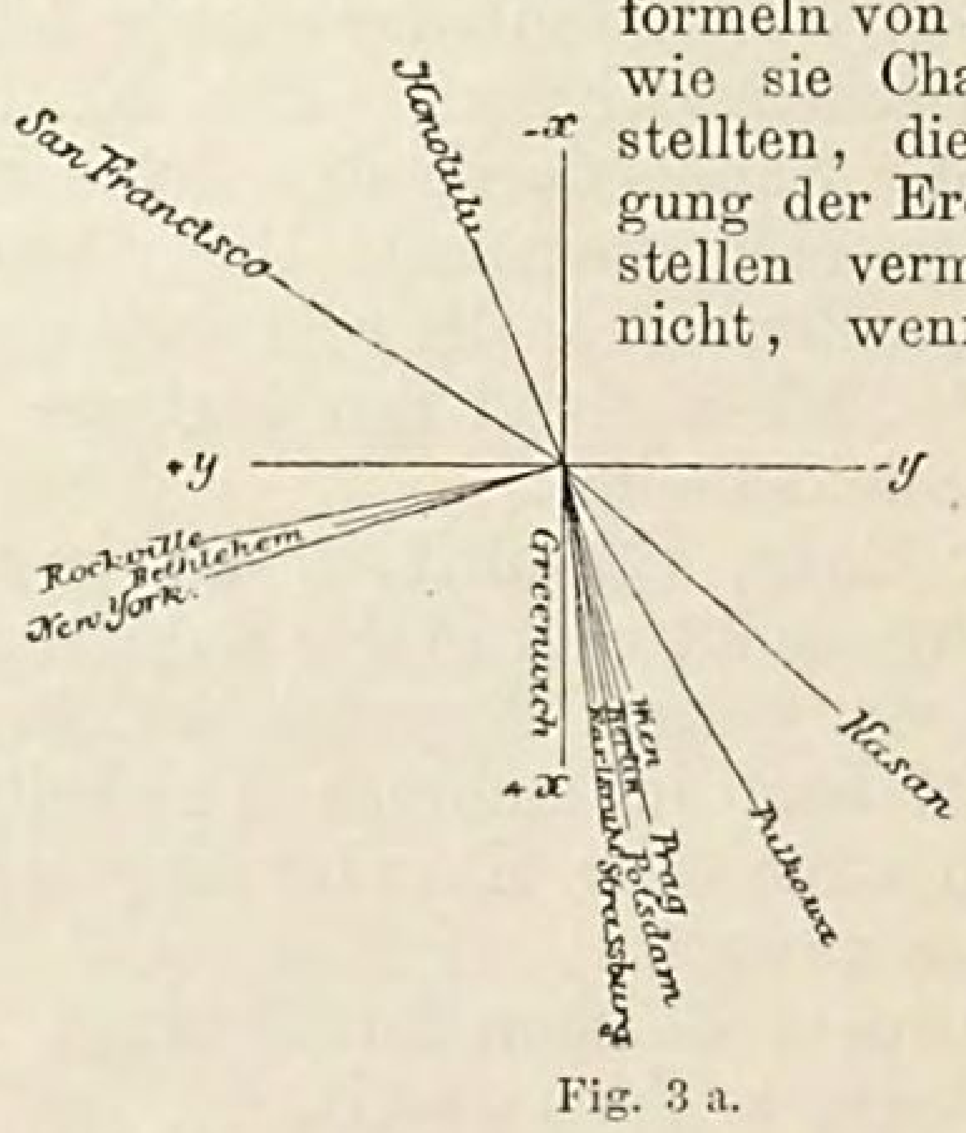


Fig. 3 a.

Die Figuren 1 und 2 stellen den vom Nordpol der Erde beschriebenen Weg von Mitte Juni 1891 bis 1. September 1892 (aus den Polhöhenmessungen auf den 7 angegebenen Sternwarten, Fig. 1) und vom 20. Oktober 1892 bis 1. Juli 1894 (aus 3 Sternwarten, Fig. 2) nach den Rechnungen von Marcuse dar [5]; ein für beide Figuren giltiger Massstab für die „Polkurven“ ist beigezeichnet, 1" entspricht der Strecke 31 m auf der Erdoberfläche. Die umfassendste Bearbeitung des ganzen vorhandenen Beobachtungsmaterials von 1890,0 bis 1895,2 hat aber Albrecht geliefert mit Benützung der Beobachtungen von 13 Sternwarten [6], dessen Polkurve (Weg des Nordpols der Erde, d. h. des Schnittpunkts der wirklichen Drehaxe mit der Erdoberfläche) die Fig. 3 u. 3a reproduzirt. — Ist φ_0 die (mittlere) Breite eines bestimmten Punktes P der Erdoberfläche, λ_0 seine (mittlere) Länge, α_0 das (mittlere) Azimut einer von ihm

ausgehenden terrestrischen Richtung und sind x und y die aus Fig. 3 in Bogensekunden abzulesenden Koordinaten des wirklichen Erdpols für eine bestimmte Epoche, so sind die dieser Zeit entsprechenden wirklichen Grössen φ, λ, α zu berechnen aus:

$$\varphi - \varphi_0 = x \cos\lambda + y \sin\lambda$$
$$\lambda - \lambda_0 = -(y \cos\lambda - x \sin\lambda) \operatorname{tg}\varphi$$
$$\alpha - \alpha_0 = (y \cos\lambda - x \sin\lambda) \frac{1}{\cos\varphi}.$$

Bei der Kleinheit der Polbewegung kommen diese Reduktionen allerdings nur für die feinen Messungen der höhern Geodäsie in Betracht, die ganze Frage der Erddrehaxenverlegung ist aber z. B. auch für die Geologie von höchstem Interesse, wenn schon über etwaige nachweisbare säkulare (nicht periodische, fortschreitende) Bewegungen des Erdpols, die manche geologische Erwägungen und Beobachtungen nahe legen (Schiaparelli, Fergola u. a.), noch nichts bekannt ist, ferner für alle Aufgaben der Wissenschaft und Technik, die mit den Mittelwassern an den Meeresküsten zusammenhängen u. s. f.

Litteratur: [1] Vergl. z. B. Hammer in Petermanns Geogr. Mitt., Gotha 1893, S. 240—242, wo das Wichtigste aus der Geschichte dieser Erscheinung und ihrer Litteratur bis Anfang 1893 angegeben ist. — [2] In den Astron. Nachr. und fast allen astron. Zeitschriften von 1893 an und besonders [3] in den Publikationen (Verhandlungen) der internationalen Erdmessung der letzten Jahre. — [4] Chandlers zahlreiche Interpolationsformeln erschienen in den letzten Jahrgängen des Astron. Journal, vergl. besonders Nr. 322. — Kurze Referate von Hammer über eine Anzahl der in [2], [3], [4] erwähnten Arbeiten s. in den Jahrgängen 1893, 1894, 1895 von Peterm. Mitt., Litt. Bericht. — [5] Verhandl. Konf. Perm. Kommiss. der Erdmessung, Innsbruck 1894 (erschienen Berlin 1895), S. 157—162 mit Taf. III, von der die Figuren 1 u. 2 kopirt sind. — [6] Ebend., S. 131—156 mit Taf. I u. II. Derselbe Band enthält auch Bemerkungen von Helmert zur vorliegenden Ausgleichungsaufgabe, die Diskussion der ganzen Erscheinung der Polhöhenveränderung u. s. f.

Hammer.

Erdbeben sind plötzliche und rasch vorübergehende Erschütterungen des Erdbodens, die ihre Ursachen auf Bewegungen in der Erde selbst zurückführen lassen. Diese Erschütterungen sind durchaus unabhängig von ausserirdischen Kräften und Erscheinungen und ihr tägliches Vorkommen an irgend einem Punkt der Erde beweist zur Genüge, dass die von mancher Seite behauptete Beziehung zur Bewegung des Mondes auf irrigen Voraussetzungen beruht [1]. — Die Bewegungen des Erdbodens sind verschiedener Art. In der Nähe der Vulkane beobachtet man häufig eine zitternde Bewegung. Stärkere Erschütterungen äussern sich entweder als senkrecht von unten nach oben gerichtete oder seitliche Stösse.

Die von unten wirkenden Stösse schleudern lose oder wenig befestigte Körper auf der Erdoberfläche in die Höhe, z. B. Felsblöcke, Häuser u. s. w. Die seitlichen Stösse in der Erde erzeugen meist wellenförmige Bewegungen und ihre Wirkung auf die Erdoberfläche besteht in der Regel in einem Hin- und Herschwanken besonders derjenigen Körper, welche die Oberfläche hoch überragen, Felsen, Häuser, Bäume, Schornsteine, Säulen u. a. Dieses Schwanken lässt nichtbiegsame Körper (Mauerwerke) bersten, entzwei- und zusammenbrechen und versetzt die feste Oberfläche in ähnliche Bewegungen, wie sie die Oberfläche der bewegten See zeigt. Die zerstörenden Wirkungen der Erdbeben, nebenbei gesagt der verheerendsten von allen Naturereignissen, sind also: Risse und Sprünge im Mauerwerk, Einsturz von Gebäuden, Abbruch und Absturz von Felsmassen, Zerschmettern und Niederwerfen von Menschen und Tieren, Austritt des Wassers in Flüssen, Seen und Meeren über die Ufer und Ueberschwemmungen durch Sturzwellen, Erzeugung von Spalten und Rissen (Schlünde) im Erdboden teils von radialstrahliger, teils von paralleler Anordnung. Daran schliessen sich noch Ausbrüche von Gas, Schlamm und Wasser an, welche, durch die Bewegung des Erdbodens am Ort ihres Vorkommens in der Erde zusammengepresst, sich durch die gebildeten Schlünde und Spalten einen Ausweg auf die Erdoberfläche suchen. Das Mass der Schwankung und die Wirkung der Erdbeben äussert sich an Gebäuden um so heftiger, je höher sie den Erdboden überragen. In Bergwerken und unterirdischen Räumen bleiben Erdbeben oft unbemerkt [2].

Hinsichtlich der Fortpflanzung der Beben unterscheidet man lineare, bei denen die Fortpflanzung nach einer Richtung hin geschieht, und zentrale, die sich von einem Erschütterungszentrum nach allen Seiten fortpflanzen. Die linearen Beben werden in ihrer Fortpflanzungsrichtung durch die Bruchlinien längs den Abfällen langer Gebirgszüge oder längs Meeresküsten bestimmt; z. B. in Südamerika fallen die linearen Beben in die Zone zwischen dem Kamm der Anden und der Westküste. Bei den zentralen Beben pflanzt sich die Bewegung wie die Wellen fort, welche durch einen ins Wasser geworfenen Stein erzeugt werden [2].

Die Gesteinsbeschaffenheit des Erdbodens ist für die Fortpflanzung des Bebens von grösster Wichtigkeit. In festen, elastischen und gleichmässig beschaffenen Gesteinen ist die Bewegung auch eine gleichmässige, in lockeren, zusammenhangslosen Gesteinen (Konglomerat, Kies, Sand) ist die Bewegung unregelmässiger und an der Oberfläche des geringen Zusammenhanges wegen furchtbarer. Solche Gesteine werden förmlich geschleudert oder in springende

Bewegung versetzt. Die schlimmsten Wirkungen der Erdbeben traten meist da ein, wo eine Decke von lockerem Gestein auf festem aufruhte. Da wo festes Gestein zu Tag trat, waren die Bewegungen am geringsten. Das Mass der Fortpflanzung ist bei lockeren unelastischen Gesteinen natürlich geringer als bei festeren und elastischen. Ausserordentlich stark sind die Wirkungen des Erdbebens im Meer durch die Erzeugung von starken und plötzlichen, Ebbe und Flut ähnlichen Erscheinungen. Die Fortpflanzungsgeschwindigkeit, die Entfernung, um welche die Bewegung in der Zeiteinheit von einem Ort zum andern gelangte, wechselt zwischen 200 und 1000 m in der Sekunde. Die Dauer der Beben ist meist eine sehr geringe. Innerhalb weniger Minuten vollzieht sich die furchtbarste Katastrophe; Lissabon wurde binnen 5 Minuten, Caracas (Südamerika) in 30 Sekunden und Casamicciola (Ischia) in einem noch geringeren Zeitraum gänzlich zerstört. In anderen Fällen widerholen sich die Beben durch längere Zeiträume hindurch sehr oft. Die Grösse der erschütterten Gebiete beträgt meist mehrere tausend Quadratmeilen [2].

Die Ursachen der Erdbeben sind einzig und allein Bewegungen (Auslösungen von Spannungen) im Innern der Erde selbst. Solche können auf verschiedene Weise zu stande kommen. Bei den Einsturzbeben wird die Schaffung eines Hohlraumes vorausgesetzt, in welche die schützende Decke und der Rand hineinstürzen. Die vulkanischen Beben werden durch Explosionen und Entweichen von Gasen im Eruptionskanal oder vulkanischen Herd hervorgerufen und pflanzen sich vor jeder Eruption nach allen Seiten vom Vulkan aus fort. Die tektonischen Beben führt man auf Brüche in den Gebirgsschichten infolge der Zusammenziehung der Erdkruste und des Druckes der Schichten auf einander zurück. Diese Art Beben wiederholen sich in längeren Zeiträumen in grosser Heftigkeit vornehmlich in gefalteten Gebirgen und an den Abbruchslinien derselben gegen Ebenen. Sie gelten als die heftigsten aller Beben und sind zumeist auf bestimmte Linien beschränkt (Schütter- und Stosslinien), welche für einige Gegenden bereits bekannt sind [2]. Um von Erdbeben Fortpflanzungs- und Stossrichtung kennen zu lernen und zu registriren, hat man Apparate konstruirt, die als Seismometer oder Seismograph bezeichnet werden und, wenn sie zugleich die Zeit des Bebens festlegen sollen, als Seismochronograph [3]. — Um die verheerenden Wirkungen der Erdbeben zu mildern, gibt es nur unvollkommene Mittel. Man hat versucht, dem Einsturz von Häusern und Bauwerken in Schüttergebieten dadurch zu begegnen, dass man in der Höhe derselben nur ein Stockwerk zuliess und die Basis der Gebäude möglichst breit schuf. Auch im Baumaterial glaubte man sich mehr an zähe, nicht spröde, und nachgiebigere Stoffe halten zu müssen, z. B. auf Ischia, Holz für Wände und als Dachbedeckung Blech. In anderen Schüttergebieten Italiens hat man die Mauern mehrstöckiger Häuser in den höheren Stockwerken durch Bögen über die Strasse mit einander verbunden, damit sie sich gegenseitig stützen.

Litteratur: [1] Fuchs, Statistik der Erdbeben von 1865—1885. Sitzungsber. d. Wiener Akad. 1886, XCII. I. — [2] Fuchs, Vulkane u. Erdbeben. Leipzig 1875. — Heim, Die Erdbeben und deren Beobachtung, Basel 1880. — Schmidt, A., Studien über Erdbeben, 2. Aufl., Leipzig 1879. — Girard, Recherches sur les tremblements de terre, Paris 1890. — Hörnes, Erdbebenkunde, Leipzig 1893. — Vinot, Etudes sur les tremblements de terre, Paris 1893. — [3] Ewing, Earthquake measurement, Tokio 1883. *Leppla.*

Erdbewegung, s. Bodentransport.

Erdbogen, auch Gegen- oder Contrebogen genannt, kommen bei Pfeilergründungen (s. d.) zur Anwendung, wenn man die Fundamentpfeiler auf eine Bodenschicht setzen muss, die nicht fest genug ist, um die von den einzelnen Pfeilern ausgeübten Drücke mit Sicherheit aufzunehmen. Man spannt alsdann zwischen den Pfeilern umgekehrte Gurtbogen ein. *Schmitt-Darmstadt.*

Erdbohren, s. Tiefbohren und Bodenuntersuchung.

Erdbrand. Das Ausgehende von Kohlenflötzen gerät zuweilen durch Zufall oder auch durch chemische Zersetzung der Kohle und des in derselben vorkommenden Schwefelkieses in Brand. Solche Stellen kennzeichnen sich dadurch, dass der Boden Klüfte bekommt, aus denen Gase und Rauch entweichen; im Winter bleibt der Schnee wegen der Bodenwärme nicht liegen. Die benachbarten Gesteine werden wohl durch die Hitze verändert: man nennt sie Erdbrandgesteine; derartige gefrittete Thone der Braunkohlenformation treten z. B. im nordwestlichen Böhmen häufiger auf. Die grauen Schieferthone der Steinkohlenformation erhalten durch Erdbrand eine rötliche Farbe. Die Kohle selbst verwandelt sich in mehr oder weniger aschenreichen Kok. *Treptow.*

Erdbraun, allgemeine Benennung für braune Erdfarben (Casselerbraun, Umbraun u. s. w.) ohne Rücksicht auf die Farbentöne.

Erddruck ist der gegen eine beliebig gerichtete und geformte Mauerfläche ausgeübte Druck der Hinterfüllungserde. Die Bestimmung desselben ist nur unter gewissen Voraussetzungen theoretisch durchführbar [15].

Es sind seither drei Theorien aufgestellt worden. Die erste, ältere Theorie lässt sich nach Winkler [4], S. 59, ihrem Ursprung nach auf das Ende des 17. Jahrhunderts zurückführen (Vauban 1687, Bullet 1691) und nimmt an, dass von der gestützten Erdmasse beim Nachgeben der Mauer sich ein Erdprisma loslöst, dessen Gewicht, entsprechend zerlegt, den Erddruck ergibt. Durch Coulomb (1773) erfuhr diese Theorie eine weitere Ausbildung, indem durch ihn der Begriff des „Erdprismas vom grössten Druck oder Schub" eingeführt wurde, auf Grund welcher Anschauung namentlich Prony [4], S. 65, Français [4], S. 66, Navier [4], S. 68, Poncelet [4], S. 72 und 78, Hagen [4], S. 74, Scheffler [4], S. 84, Culmann [1], Rebhann [2], Wittmann [6] und Weyrauch [7] diese Theorie nach verschiedenen Richtungen für die Praxis nutzbar machten. — Die zweite, neuere Theorie stammt erst aus der zweiten Hälfte dieses Jahrhunderts und haben sich im wesentlichen Rankine (1856) [4], S. 102, [7], S. 204, Scheffler (1851) [4], S. 100, Levy (1867) [4], S. 104, Considère (1870), [4], S. 105, Mohr (1871) [3] und [4], S. 107, Winkler (1872) [4], Weyrauch [11] und Häseler [12] um dieselbe verdient gemacht. Die neuere Theorie geht, ganz wie die Elastizitäts- und Festigkeitslehre, von der Untersuchung des Gleichgewichtes der Erdelemente im unbegrenzten Erdkörper aus und setzt an Stelle des Elastizitätsgesetzes das Gesetz der Reibung und Kohäsion. — Eine dritte Theorie endlich hat Professor Engesser [10] aufgestellt, indem er die homogene Erdmasse durch ein starres Keilsystem ersetzt denkt und auf graphischem Wege zur Bestimmung der Grösse und Richtung des Erddruckes gelangt. Dabei wird die Annahme der Bildung eines kleinstmöglichen Horizontalschubes in dem, seinem eigenen Gewicht überlassenen, Erdkörper gemacht. Seine Ergebnisse stimmen im wesentlichen mit denen Winklers überein. Die beiden neueren Theorien finden in der Praxis selten Anwendung, und wenn auch in gewissen Fällen, z. B. bei Bestimmung des Erddrucks gegen schiefe Flügelmauern, nur die zweite Theorie anwendbar erscheint, so genügt in den meisten Fällen der Praxis die Anwendung der älteren Theorie, besonders da die sorgfältigen neueren Versuche von Siegler [13] und Donath [14] dargelegt haben, dass der Erddruck gegen lotrechte Wände unter dem Reibungswinkel φ gegen die Wandnormale geneigt ist [15], S. 326, was der älteren Theorie von Coulomb entspricht.

Im nachstehenden soll hauptsächlich die ältere Theorie besprochen und die Anwendung der analytischen Formeln mitgeteilt werden. Dabei wird die Erde kohäsionslos und die Bruchfläche eben angenommen. Erstere Annahme entspricht der für die Stützmauer ungünstigsten Belastung, da die Berücksichtigung der Kohäsion einen kleineren Erddruck zur Folge haben müsste; auch ist frisch angeschüttete Erde fast stets kohäsionslos und die notwendigerweise zu berücksichtigende Reibung kann nicht gleichzeitig mit der Kohäsion auftreten, sondern erst nachdem diese überwunden ist [4], S. 98, [10], S. 189, [8], S. 529, [12], S. 3. Die zweite Annahme, dass die Bruchfläche eben und nicht gekrümmt ist, hat sich für die Praxis als genügend genau herausgestellt und wird dies unter anderem durch die Versuche von Cramer [9] bestätigt.

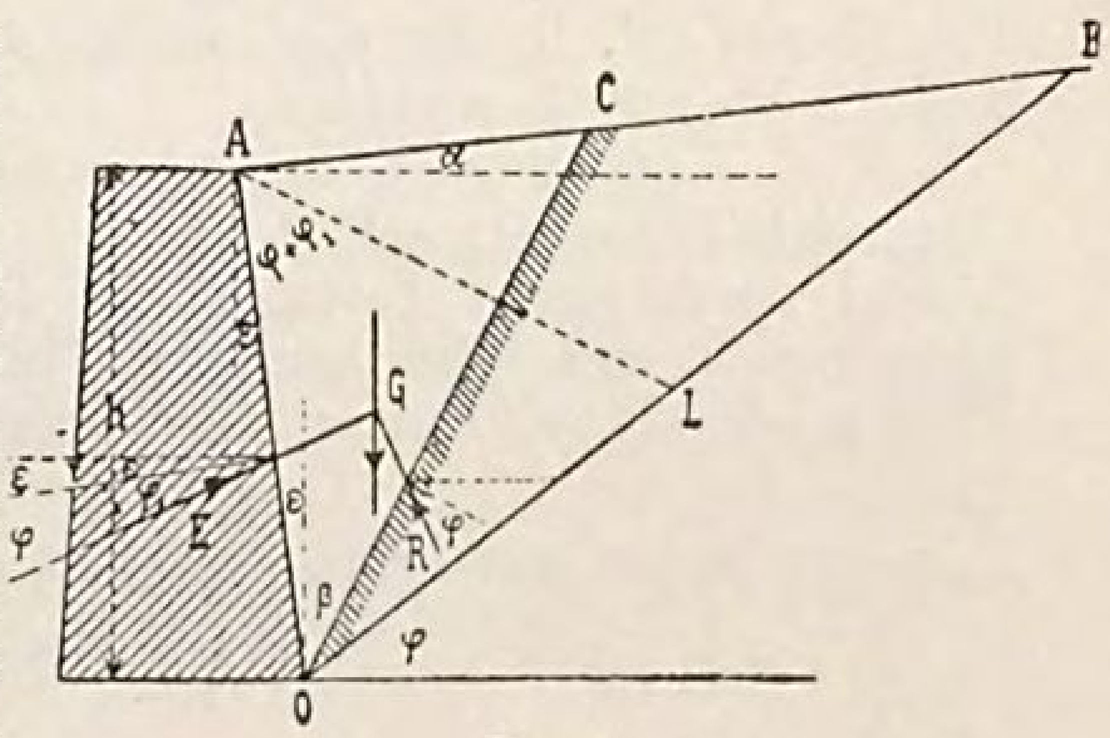


Fig. 1.

Bezeichnet in Fig. 1 OC die Lage der als eben vorausgesetzten Bruchfläche, also Dreieck OAC die Grundfläche eines grössten Bruchprismas, dessen Höhe gleich 1 angenommen werden soll, so wird das im Schwerpunkt des Bruchprismas angreifende Gewicht G desselben $(= ACO.1.\gamma)$ sich in zwei Kräfte E und R zerlegen lassen, die unter den Reibungswinkeln φ_1 bezw. φ zu den Senkrechten der Flächen AO bezw. OC wirken werden. Sobald also die Richtung der Trennungsfläche OC und der Winkel φ_1 bekannt sind, lässt sich die Richtung und Grösse des Erddrucks E mit Hilfe des Kräftepolygons konstruiren oder aus den Gleichgewichtsbedingungen berechnen, da Winkel φ als natürlicher Böschungswinkel (s. Reibungswinkel) für das betreffende Erdmaterial und die Lage OA der hinteren Mauerfläche als gegeben betrachtet werden muss.

Der Reibungswinkel φ_1 des Erddrucks E mit der Mauerfläche wurde von Coulomb gleich Null gesetzt. Seit Poncelet (1840) nehmen viele Autoren (Häseler [12], S. 15, Wittmann [6], S. 59 etc.) denselben gleich dem Reibungswinkel φ von Erde auf Erde, während andere, Mohr [3], S. 364, Weyrauch [7], S. 206, Schäffer [8], S. 535, denselben veränderlich und als aus den jedesmaligen Gleichgewichtsbedingungen zu berechnende Grösse ansehen. Darnach kann der Winkel φ_1, bei Vernachlässigung der Kohäsion, alle Werte von $\varphi_1 = 0$ bis $\varphi_1 = \pm\,\varphi$, und zwar letztere nur dann annehmen, wenn die Lage der Mauerfläche OA mit einer „Gleitfläche" des Erdkörpers zusammenfällt.

Analytisch findet man die Grösse des Erddrucks E und dessen Richtung φ_1 gegen die Senkrechte auf AO durch Aufstellung von sechs Bedingungsgleichungen [8], S. 537; 1. die Komponenten parallel zu $OC = 0$, 2. die Komponenten senkrecht zu $OC = 0$, 3. die Summe der Momente $= 0$, 4. die durch Differentiation erhaltene Gleichung, durch welche die Gleitfläche für das Erdprisma vom grössten Druck festgestellt wird, 5. und 6. die Momentengleichungen des Erddrucks E und der Seitenkraft R um O als Resultirende sämtlicher parallel zu einander gedachten Elementardrucke. Auf diesem Wege findet man nach Weyrauch [7] mit Bezug auf die Fig. 1 folgende Beziehungen, welche hinreichen, um den Winkel φ_1, die Neigung der Gleitfläche β und die Grösse des Erddrucks für gewisse Fälle zu berechnen:

$$\sin(\varepsilon + \beta)\cos(\alpha + \beta)\cos(\varphi_1 + \varepsilon) = \sin(\varphi + \varphi_1 + \varepsilon + \beta)\cos(\varphi + \beta)\cos(\varepsilon - \alpha), \quad 1.$$

$$\cos(\alpha + \beta)[\cos(\varphi + \beta)\cos\varphi_1 - \sin(\varphi + \beta + \varepsilon + \varphi_1)\sin\varepsilon] = \cos(\varepsilon - \alpha)[\cos(\varepsilon + \varphi_1)\cos\varphi - \sin(\varphi + \beta + \varepsilon + \varphi_1)\sin\beta], \quad 2.$$

$$E = \left[\frac{\cos(\varphi - \varepsilon)}{(n+1)\cos\varepsilon}\right]^2 \frac{\gamma h^2}{2\cos(\varepsilon + \varphi_1)} = A.\gamma.h^2, \quad 3.$$

worin γ das Gewicht der Kubikeinheit Erde und $n = \sqrt{\frac{OL}{OB}} = \sqrt{\frac{\sin(\varphi + \varphi_1)\sin(\varphi - \alpha)}{\cos(\varepsilon - \alpha)\cos(\varepsilon + \varphi)}}$. Für $\alpha = 0$, d. h. für horizontal abgeglichene Erdoberfläche AB wird Gleichung 1 nach verschiedenen Umformungen:

$$\sin(2\beta + \varphi + \varepsilon)\sin(\beta + \varphi) - \cos\varepsilon\cos\beta = 0. \quad 4.$$

Diese Gleichung ist erfüllt für $2\beta + \varphi = 90^0$, also $\beta = \frac{90 - \varphi}{2}$, d. h. die Gleitfläche oder Bruchfläche halbirt in diesem Fall den Winkel zwischen der Vertikalen und der natürlichen Böschung. Hierbei wird:

$$E = \frac{\operatorname{tg}^2\left(45 - \frac{\varphi}{2}\right)}{2\cos(\varepsilon + \varphi_1)}\gamma.h^2 = A_1\gamma h^2. \quad 5.$$

Für den Reibungswinkel φ_1 ergibt sich in diesem Fall:

$$\operatorname{tg}\varphi_1 = \frac{\sin\varphi\sin 2\varepsilon}{1 - \sin\varphi\cos 2\varepsilon} \quad 6.$$

oder in bequemerer Form für die Richtung des Erddrucks gegen den Horizont

$$\operatorname{tg}(\varepsilon + \varphi_1) = \frac{\operatorname{tg}\varepsilon}{\operatorname{tg}^2\left(45 - \frac{\varphi}{2}\right)}. \quad 6a.$$

Für $\alpha = \varphi$, d. h. für eine unter dem natürlichen Böschungswinkel ansteigende Terrainfläche ergibt sich aus 1. und 2.:

$$\cos(\varepsilon - \varphi)\cos\varphi - \cos(\varphi + \beta + \varepsilon)\cos(\varphi + \beta) - \sin(\beta + \varepsilon)\sin\beta = 0. \quad 7.$$

Diese Gleichung ist erfüllt für $\beta = 90 - \varphi$, d. h. für eine unter dem natürlichen Böschungswinkel ansteigende Terrainfläche fällt die Bruchfläche mit der natürlichen Böschungsfläche zusammen. Die Schnittpunkte B und C liegen im Unendlichen der natürlichen Böschung OB. Ferner wird $n = 0$, also:

$$E = \left[\frac{\cos(\varphi - \varepsilon)}{\cos\varepsilon}\right]^2 \cdot \frac{\gamma.h^2}{2\cos(\varepsilon + \varphi_1)} = A_2\gamma h^2. \quad 8.$$

Für den Reibungswinkel φ_1 findet man

$$\operatorname{tang}\varphi_1 = \frac{\sin\varphi\cos(\varphi - 2\varepsilon)}{1 - \sin\varphi\sin(\varphi - 2\varepsilon)}, \quad 9.$$

oder:

$$\sin\varphi_1 = \sin\varphi\cos(2\varepsilon - \varphi + \varphi_1), \quad 9a.$$

d. h. nur dann ist $\varphi_1 = \varphi$, wenn $\alpha = \varphi$ und $\varepsilon = 0$, d. h. wenn die Wandfläche vertikal steht bei unter natürlichem Böschungswinkel ansteigendem Terrain, und nur dann $\varphi_1 = 0$, wenn unter der gleichen Voraussetzung für die Terrainfläche die Wandfläche mit der Vertikalen den Winkel $\varepsilon = 45 + \frac{\varphi}{2}$ einschliesst.

Ist der Winkel φ_1 für einen vorliegenden Fall bestimmt oder hat man über denselben verfügt, so kann auch das weniger umständliche und für die Praxis genügend genaue graphische Verfahren (s. d. folg. Art.) eingeschlagen werden.

Ist die obere Begrenzungsfläche keine Ebene, also die Linie AB eine wellenförmige oder gebrochene, so können nur Näherungswerte erhalten werden, indem man die Begrenzung in eine gerade verwandelt und für diese die Bestimmung vornimmt [6], S. 59, [8], S. 535, [12], S. 8, [16], S. 212. Findet eine gleichmässige Belastung der oberen Begrenzungsfläche mit p pro laufenden Meter statt, so ist zu der Grösse des Erdprismengewichtes $\gamma \Delta\, OAC$ das Gewicht $p.AC$ hinzuzuaddiren, um dafür den Erddruck zu finden. In den analytischen Formeln ist hier für γ die Grösse $\gamma' = \gamma\left(1 + \frac{2p\cos\varepsilon}{\gamma h\cos(\alpha - \varepsilon)}\right)$ einzusetzen [8], S. 535, [16], S. 201. Bei hinterschnittenen, hinten überfallenden Mauern werden alle Theorien unsicher [8], S. 538, [7], S. 205. Desgleichen wenn gleichzeitig Erschütterungen unter dem Einfluss von Betriebslasten auftreten, wie dies bei Eisenbahndämmen der Fall ist. Hier empfiehlt es sich, bei Mauern ohne Ueberschüttung den Erddruck senkrecht zur Stützwand anzunehmen, während

bei Mauern mit sehr hoher Ueberschüttung die Coulomb'sche Theorie angewendet werden kann [15], S. 326.

Den Angriffspunkt des Erddrucks E erhält man [4], S. 49, [8], S. 534, [12]. S. 19, [16], S. 209, wenn für jeden Höhenabschnitt y (s. Fig. 2) die Grösse des an dieser Stelle pro Flächeneinheit wirkenden Erddrucks E_y als Ordinate von NL aufgetragen wird, in der Höhenlage des Schwerpunktes S der zwischen der so entstandenen Kurve MN und der zugehörigen Abscissenaxe NL befindlichen Druckfläche LNM, weil nach der Konstruktion der Inhalt eines jeden zwischen Kurve und NL gelegenen Flächenelementes $abcd$ den zur betreffenden Höhenlage $y_2 - y_1$ gehörigen Erddruck E_y und sein Schwerpunkt s' die Höhenlage des Angriffspunktes von E_y ergibt. Analytisch lässt sich die Lage des Angriffspunktes aus der Momentengleichung: $Ee = \int_o^h d\,E_y\,e_y$ (s. Fig. 3) ableiten. Für ebene Erdoberfläche ist nach Gleichung 3.: $E = A\gamma h^2$, also $E_y = A \cdot \gamma \cdot y^2$, folglich $d\,E_y = 2\gamma A y\,d\,y$. Ferner ist aus Fig. 3: $e_y = (h - y)\frac{\cos\varphi_1}{\cos\varepsilon}$, also: $Ee = \gamma A h^2 e = 2\gamma A \frac{\cos\varphi_1}{\cos\varepsilon}\int_o^h (h-y)\,y\,d\,y$, somit $e = \frac{h}{3}\frac{\cos\varphi_1}{\cos\varepsilon}$ und die Höhe über dem Fusspunkt 0 ist $h_1 = e\frac{\cos\varepsilon}{\cos\varphi_1} = \frac{h}{3}$.

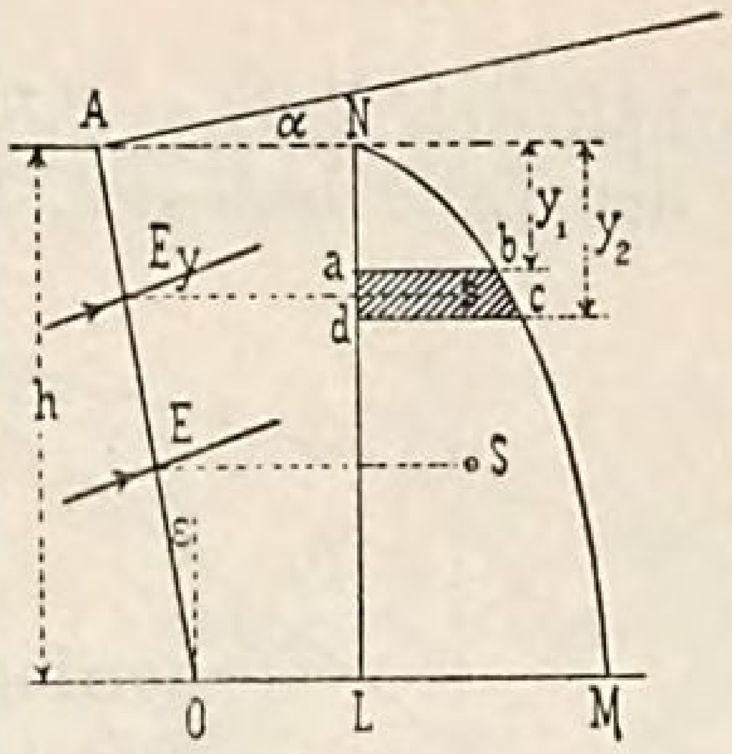


Fig. 2.

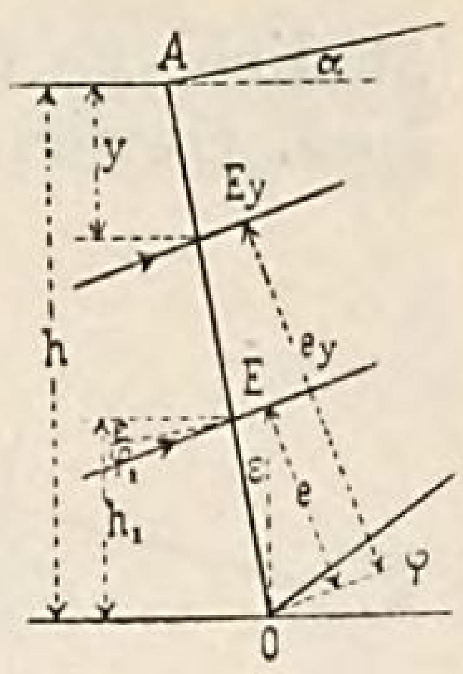


Fig. 3.

Vergl. a. die graphische Berechnung.

Litteratur: [1] Culmann, Die graphische Statik, Zürich 1866, S. 547. — [2] Rebhann, Theorie des Erddrucks und der Futtermauern, Wien 1871. — [3] Mohr, Beitrag zur Theorie des Erddrucks, Zeitschr. d. Arch.- u. Ing.-Vereins zu Hannover, 1871, S. 344, und 1872 S. 67 u. 245. — [4] Winkler, Neue Theorie des Erddrucks nebst einer Geschichte der Theorie des Erddrucks und der hierüber angestellten Versuche, Wien 1872. — [5] v. Ott, Vorträge über Baumechanik, Prag 1877, S. 20. — [6] Wittmann, Geometrische Erddrucktheorie etc., Zeitschr. f. Bauk., 1878, S. 53, auch in „Statik der Baukonstruktionen", Berlin 1879, Teil 1, S. 17. — [7] Weyrauch, Zur Theorie des Erddrucks, Zeitschr. f. Bauk., 1878, S. 193. — [8] Schäffer, Erddruck und Stützwände, Zeitschr. f. Bauw., 1878, S. 527. — [9] Cramer, Erddruck und Stützwände, Zeitschr. f. Bauw., 1879, S. 521. — [10] Engesser, Geometrische Erddrucktheorie, Zeitschr. f. Bauw., 1880, S. 189. — [11] Weyrauch, Theorie des Erddrucks auf Grund der neueren Anschauungen, Wien 1881, auch Allgem. Bauztg., 1880, S. 63 und 77. — [12] Häseler, Handb. d. Ing.-Wissensch., Bd. 1, Abt. 2, Kap. 5, 2. Aufl., Leipzig 1884. — [13] Siégler, Ann. des ponts et chaussées, 1887, Bd. 1, S. 488. — [14] Donath, Zeitschr. f. Bauw., 1891, S. 491. — [15] Engesser, Neuere Versuche über die Richtung und Grösse des Erddrucks gegen Stützwände, Deutsche Bauztg., 1893, S. 325. — [16] Löwe, Strassenbaukunde, Wiesbaden 1895, S. 201.

L. von Willmann.

Graphische Berechnung. Wenn sich (Fig. 4) die hinter einer Stützmauer befindliche Erde längs der Bruch- oder Gleitfläche OC löst und die Mauer gleich einem Keil nach vorn schiebt, so zerlegt sich das Gewicht G des pris-

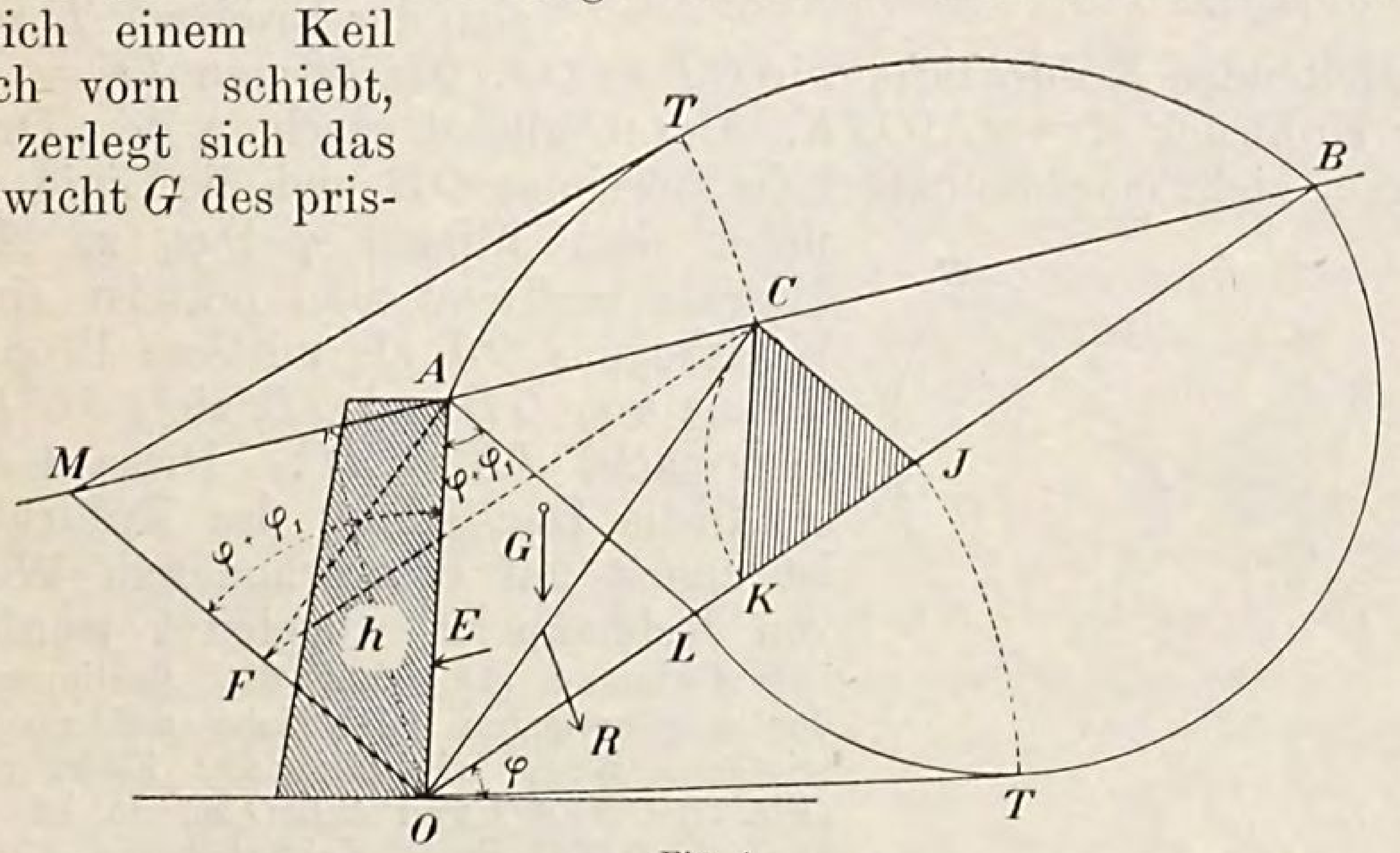


Fig. 4.

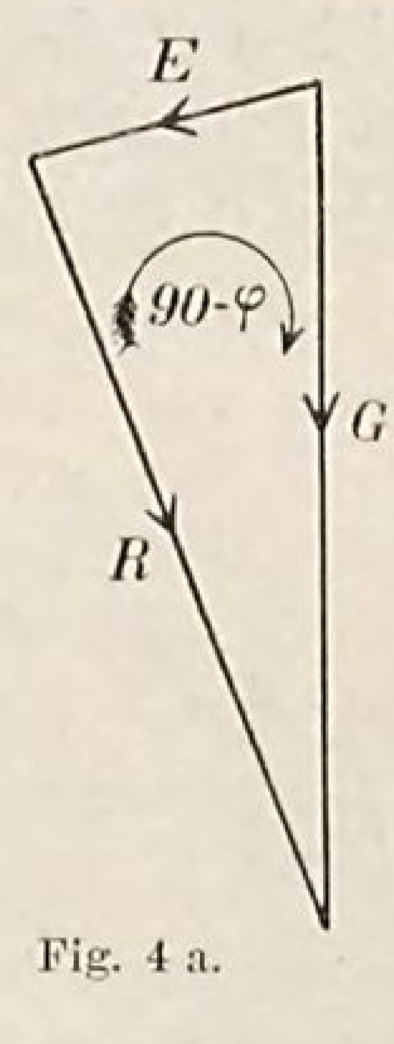


Fig. 4 a.

matischen Erdkörpers OAC in zwei Seitenkräfte R und E, von denen erstere mit OC den Winkel $90 - \varphi$, letztere mit OA den Winkel $90 - \varphi_1$ einschliesst. (Bezüglich der Wahl der Winkel φ und φ_1 siehe d. vorherg. Art. S. 767 ff). Dreht man das Kräftepolygon GRE um $90 - \varphi$ nach rechts, so wird $G \| OB$, $R \| OC$ und E parallel zu einer Linie OM, die mit OA den Winkel $\varphi + \varphi_1$ einschliesst. Zieht man $CJ \| OM$, so ist das Dreieck OCJ dem Kräftepolygon

ähnlich. Es verhält sich $E : G = CJ : OJ$. Ferner ist $G = {}^1/_2 \gamma . h . AC$, wenn γ das spez. Gewicht der Erde bedeutet, folglich:

$$E = {}^1/_2 \gamma h \frac{AC . CJ}{OJ} .$$

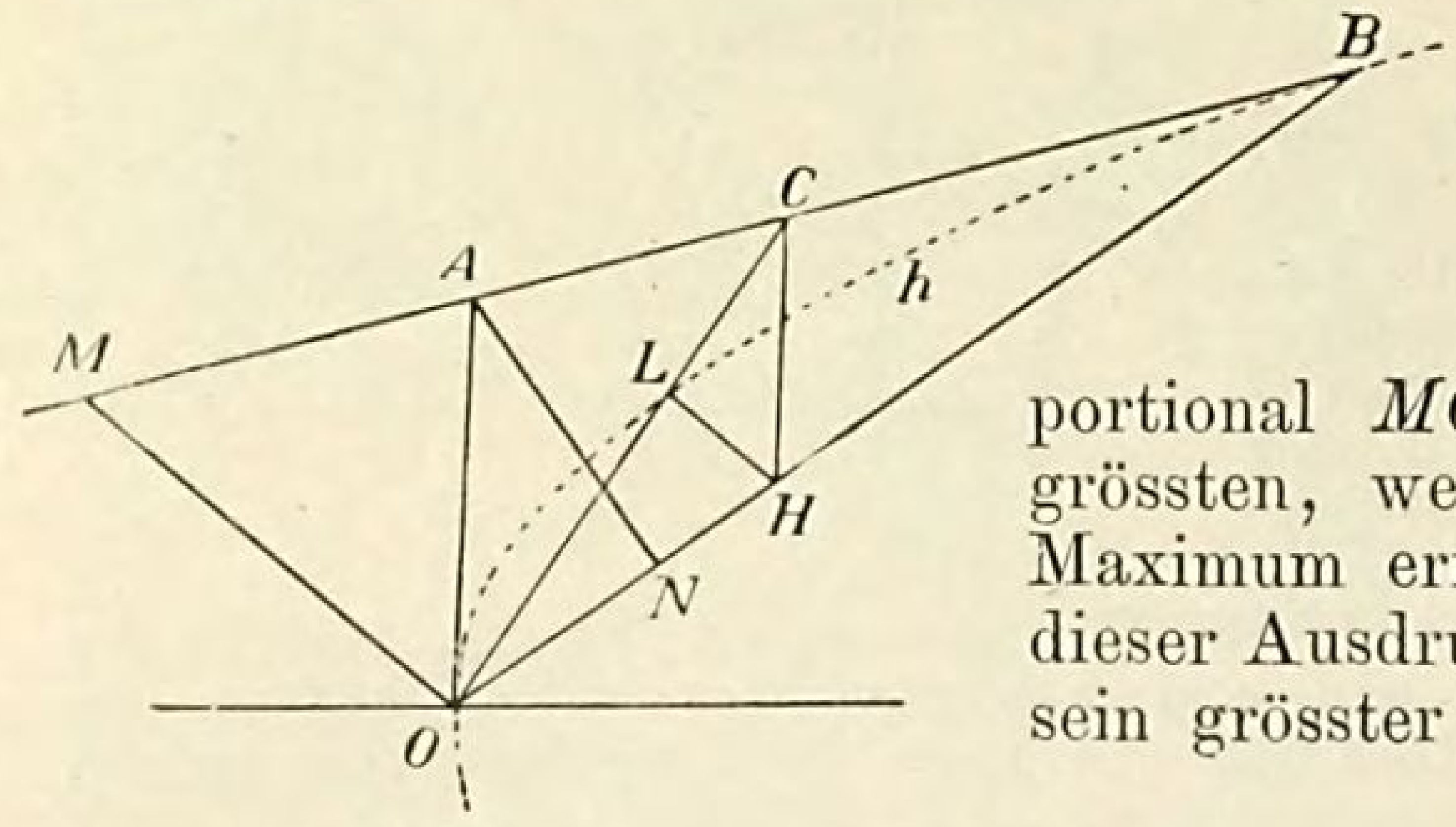


Fig. 5.

Bei sich verändernder Bruchfläche bleiben γ und h unverändert, während AC, CJ und OJ sich ändern. Dabei ist CJ proportional CB und OJ proportional MC. Der Erddruck wird daher am grössten, wenn der Ausdruck $AC . CB : MC$ sein Maximum erreicht. Setzt man $MC = x$, so wird dieser Ausdruck gleich $(x - MA)(MB - x) : x$ und sein grösster Wert ergibt sich für

$$MC = x = \sqrt{MA . MB} .$$

Man zeichnet über AB einen Kreisbogen, legt aus M eine Tangente daran und dreht diese herum nach MC, so ist OC die ungünstigste Bruchfläche. Zu demselben Ziele gelangt man offenbar auch, wenn man $AL \parallel MO$ zieht, über BL einen Kreisbogen zeichnet, aus O die Tangente daran legt und deren Länge nach OJ herumdreht. Auch der in Fig. 6 gezeichnete Halbkreis über MB führt, wenn man AC' senkrecht auf MB zieht und MC' herumdreht, zu dem Punkte C. Zieht man (s. Fig. 4) $AF \parallel OC$, so verhält sich $MF : MO = MA : MC = MC : MB$, folglich ist $FC \parallel OB$. Daraus folgt $\Delta OAC = \Delta OFC = \Delta OCJ$, d. h. die ungünstigste Bruchfläche halbirt das Viereck $OACJ$. Nach dem Früheren verhält sich der Erddruck E zum Gewichte G des abgleitenden Erddreiecks wie CJ zu OJ. Macht man $JK = JC$, so ist demnach der Erddruck $E = \gamma . \Delta CJK$. Um möglichst rasch zu dem Dreiecke CJK zu gelangen, zieht man die natürliche Böschung OB und die Linie AL unter dem Winkel $\varphi + \varphi_1$ zu AO. Hierauf bestimmt man mittelst eines Kreisbogens OJ als mittlere Proportionale von OB und OL, zieht $JC \parallel LA$ und macht $JK = JC$. Diese übersichtliche Darstellung des Erddrucks ist zuerst auf etwas anderem Wege von Rebhann [2] abgeleitet worden.

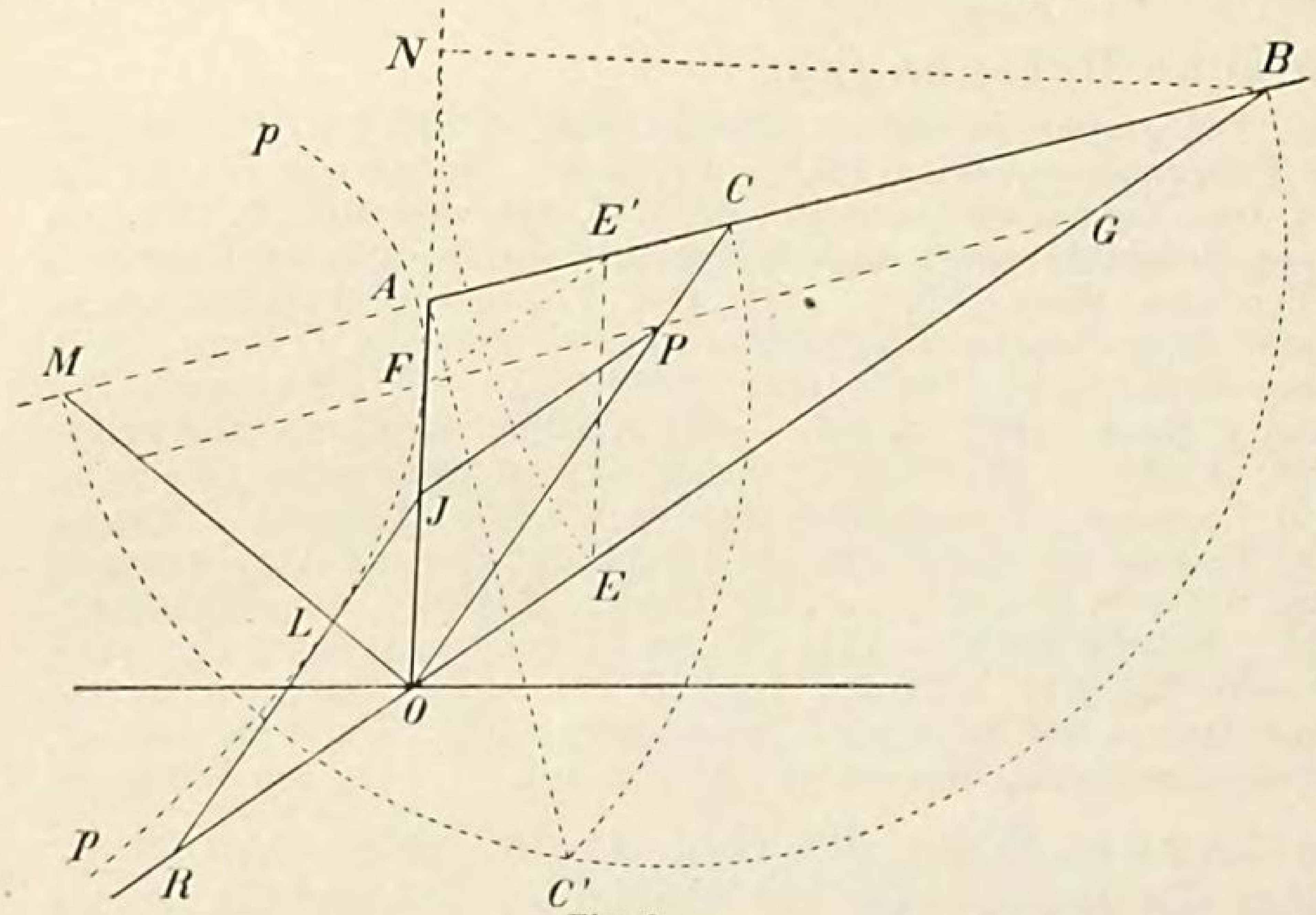


Fig. 6.

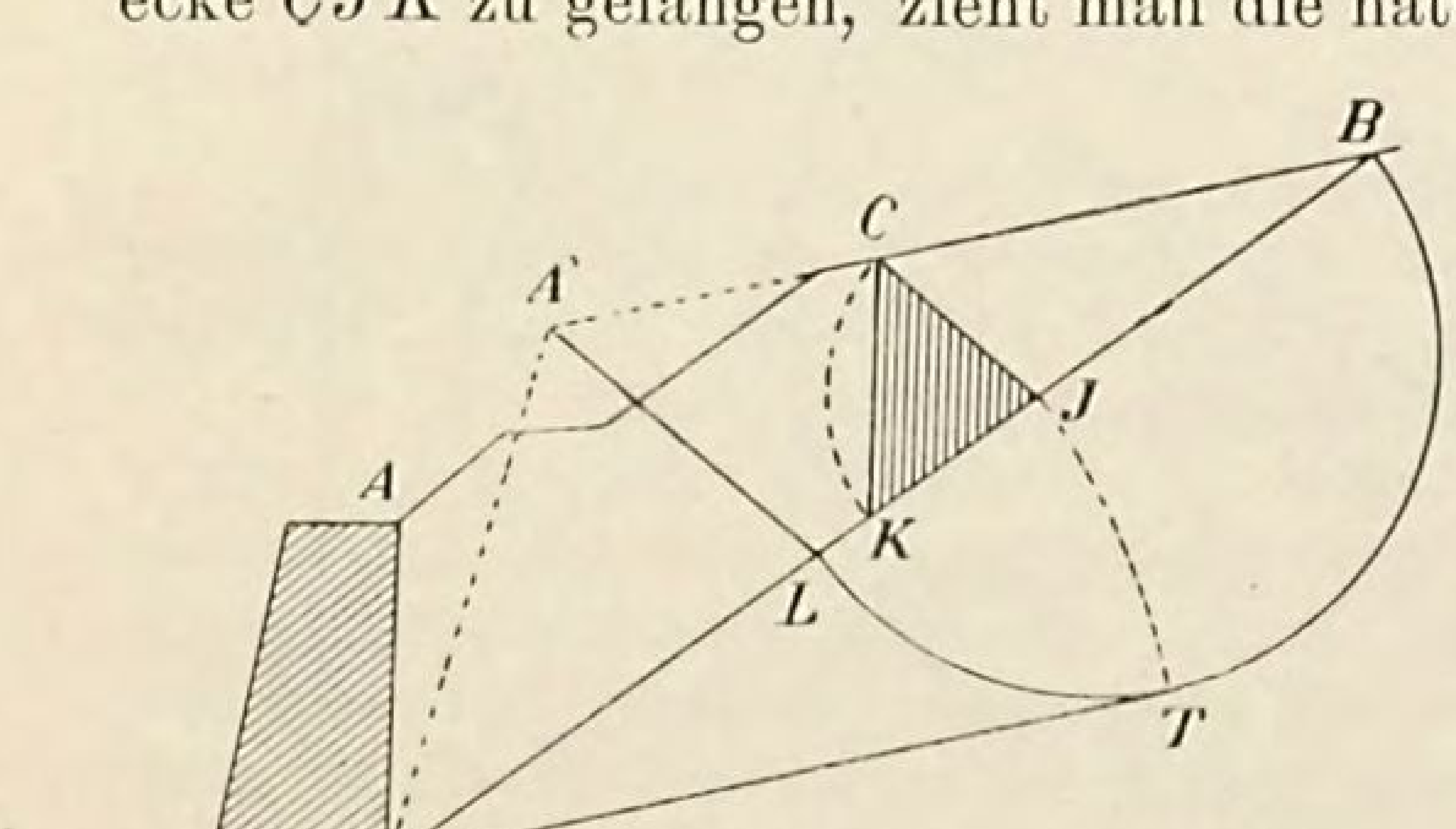


Fig. 7.

Culmann [1] leitet die Bestimmung der ungünstigsten Gleitfläche auf geometrischem Wege wie folgt ab: Zieht man (Fig. 5) $CH \parallel AO$ und $HL \parallel OM$, so ist das Dreieck OHL dem Kräftepolygon GRE ähnlich. Ferner ist $G = \gamma . \Delta OAC = \gamma . \Delta OAH = {}^1/_2 \gamma . OH . AN$. Dreht sich die Gleitfläche um O, so ändert sich in diesem Ausdrucke bloss HL. Dabei beschreibt der Punkt L als Schnittpunkt zweier projektivischer Strahlenbüschel einen Kegelschnitt und zwar eine Hyperbel h. Diese geht durch O und B, sowie durch die unendlich fernen Punkte von MO und MB; OA ist die Tangente in O. Schneidet man die Hyperbel durch die unendlich ferne Gerade, durch OB und durch die hierzu parallele Tangente und projicirt die sechs Schnittpunkte aus O auf MB, so bekommt man drei Paare von involutorischen Punkten, nämlich $M \infty$, AB und CC. Daraus folgt, dass das Maximum von HL erhalten wird, wenn man $MC = \sqrt{MA . MB}$ macht. — Wittmann [5] dreht in derselben Weise das Kräftepolygon um $90 - \varphi^0$, bringt es jedoch

mit der Hauptfigur in der Weise in Verbindung (s. Fig. 6), dass die Kräfte E des Kräftepolygons nach OL fallen, während die G in die Verlängerung der Linie OB zu liegen kommen. Die dritte Kraft ist LR und läuft parallel zu der zugehörigen Gleitfläche OC. Der Flächeninhalt des Dreiecks OAC ist gleich $\frac{1}{2}\gamma\,AO$ mal dem Lote aus C auf AO. Macht man $BE = BN$, zieht $EE' \| OA$, $E'F \| EO$, $FG \| AB$, $PJ \| BO$ und $JR \| PO$, so ist dieses Lot gleich der Strecke OR. Folglich ist $G = \frac{1}{2}\gamma . AO . OR$ und der Erddruck $E = \frac{1}{2}\gamma . AO . OL$. Wie Wittmann nachweist, umhüllen die Linien JR bei sich verändernder Gleitfläche eine Parabel pp, deren Axe parallel zur obern Begrenzungslinie AB gerichtet ist, der Schnittpunkt der Parabel mit der Geraden OM bestimmt das Maximum von OL. Die diesem Maximum entsprechende Gleitfläche wird wiederum dadurch gefunden, dass MC zur mittleren Proportionalen zwischen MA und MB gemacht wird.

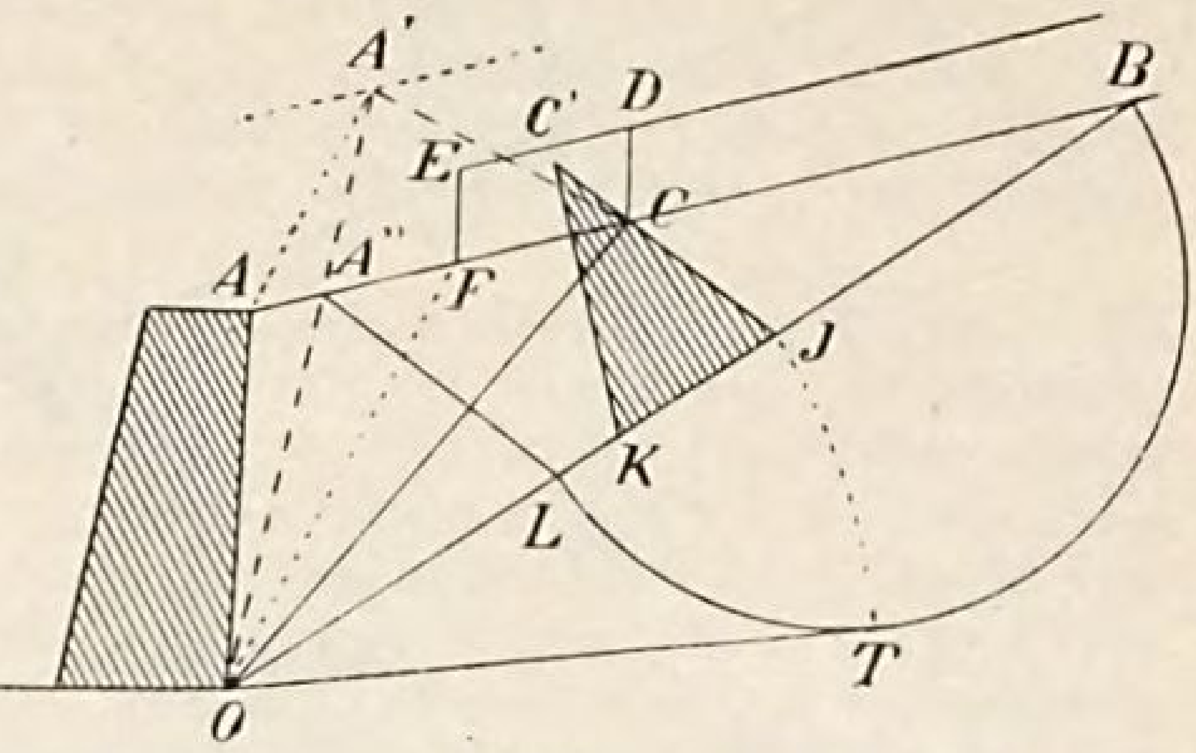


Fig. 8.

Fällt (Fig. 4) die Erdoberfläche AB nach rechts um den Winkel φ_1, so ist $\sphericalangle ABO$ gleich $\sphericalangle OAL = \varphi + \varphi_1$. Folglich $\Delta ABO \sim \Delta OAL$. Es verhält sich somit $OB : OA = OA : OL$, woraus folgt $OA = OJ$. Da die Gleitfläche das Viereck $OACJ$ halbirt, so halbirt sie in diesem Falle auch den Winkel AOB. — Läuft die Erdoberfläche parallel zur natürlichen Böschung, so rückt der Punkt C ins Unendliche, die Gleitfläche fällt mit der natürlichen Böschung zusammen und die Seite CJ des Erddruckdreiecks wird gleich AL (Fig. 4).

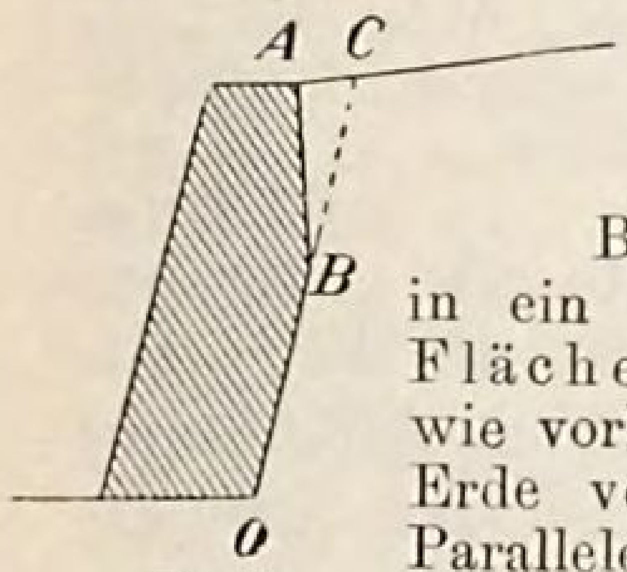


Fig. 9.

Bei überhöhtem Erdkörper (Fig. 4) verwandelt man das Viereck $OACB$ in ein Dreieck $OA'B$ von gleichem Flächeninhalt. (S. Verwandlung von Flächen.) Dann zieht man $A'L$ unter dem Winkel $\varphi + \varphi_1$ zu OA und verfährt wie vorher. — Bei belastetem Erdkörper (Fig. 8) trägt man die Belastung, auf Erde verwandelt, als Parallelstreifen auf, zieht in doppelter Streifenhöhe eine Parallele zu AB und macht $AA' \| OF$. Dann ist das abgleitende Sechseck $OAFEDC$ gleich dem Dreieck $OA'C$, in welchem A' ein von der Gleitfläche unabhängiger Punkt ist [1]. Die abgleitende Erdmasse ist daher proportional der Strecke $A''C$. Zieht man noch $A''L$ unter dem Winkel $\varphi + \varphi_1$ zu OA, so ist auch dieser Fall auf den ersten zurückgeführt. Nur muss das Druckdreieck im Verhältnis OA'' zu OA vergrössert werden, was durch Parallellinien leicht geschehen kann. Der Erddruck ist dann gleich $\gamma . \Delta C'JK$. — Bei geknickter Mauerwand (Fig. 10) bestimmt man dreierlei Erddrücke, nämlich die Drücke auf die drei Wände OC, BC und BA und führt die zweite von den drei Kräften mit umgekehrtem Zeichen ein. — Die im Erdkörper wirkende Kohäsion wird bei der Bestimmung des Erddruckes meistens vernachlässigt [6].

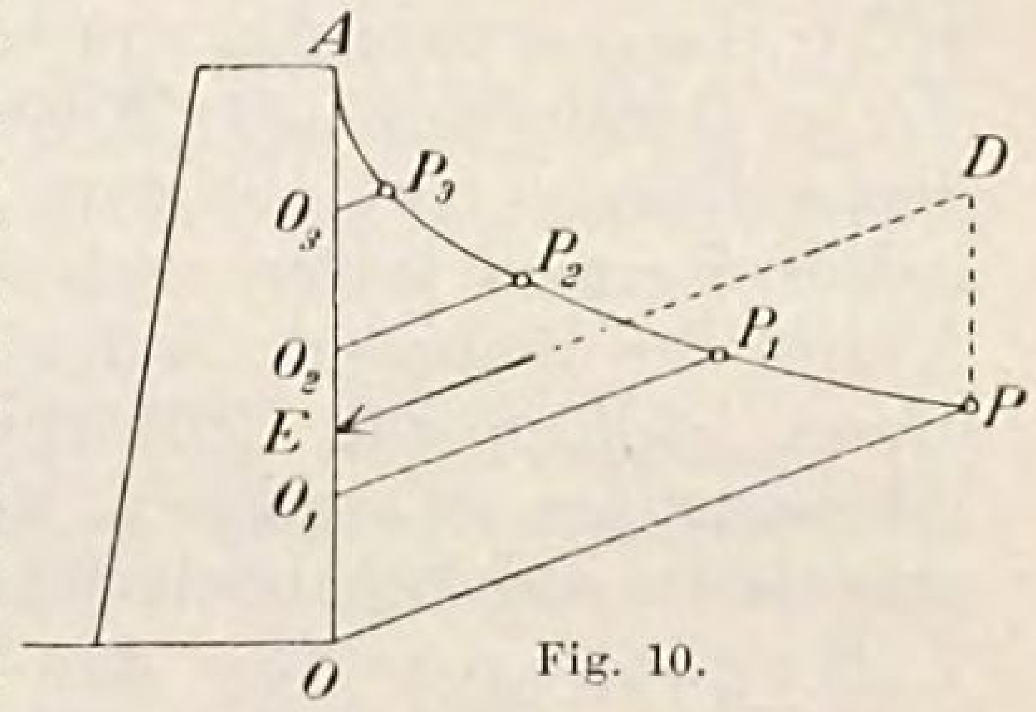


Fig. 10.

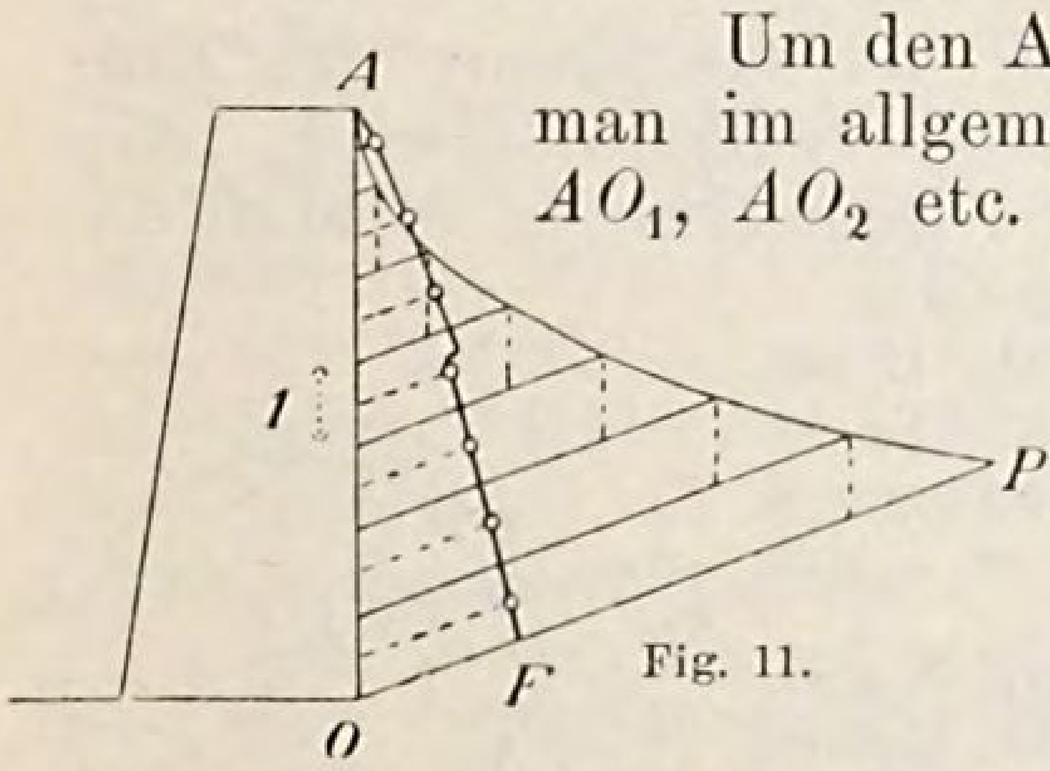


Fig. 11.

Um den Angriffspunkt des Erddrucks zu finden, bestimmt man im allgemeinen den Druck für verschiedene Mauerhöhen AO, AO_1, AO_2 etc. (Fig. 10), trägt das Ergebnis jeweils am untern Ende als Linie auf und verbindet die Endpunkte P dieser Linien durch eine stetige Kurve. Das sich ergebende krummlinige Dreieck OAP verwandelt man in ein Parallelogramm $OEDP$ von gleichem Flächeninhalt; dann ist E der gesuchte Angriffspunkt [1]. In dem gewöhnlichsten Falle, wo der Erdkörper hinter der Mauer weder überhöht noch belastet ist, wird AP eine Parabel mit AO als Tangente und der Angriffspunkt des Erddrucks fällt genau in den unteren Drittelpunkt der Mauerwand.

Um den Erddruck auf die Flächeneinheit, den spezifischen Erddruck, zu finden, teilt man (Fig. 11) die Mauerwand in Teile gleich der Längeneinheit, zieht durch die Teilpunkte Parallelen zu OP, misst die Unterschiede der auf einander folgenden Kräfte und trägt sie jeweilen in der Mitte der einzelnen Mauerteile auf. Die Endpunkte dieser Kräfte ergeben die Kurve AF des spezifischen Erddrucks. Wenn der Erdkörper hinter der Mauer weder überhöht noch belastet ist, wird AF eine gerade Linie.

Der im bisherigen besprochene Erddruck heisst aktiver Erddruck. Er tritt auf, wenn die Mauer das Bestreben hat, nachzugeben. Wirkt jedoch umgekehrt die Mauer gegen die Erde und hat letztere das Bestreben, zurückzuweichen, so geht der aktive Erddruck in den passiven über.

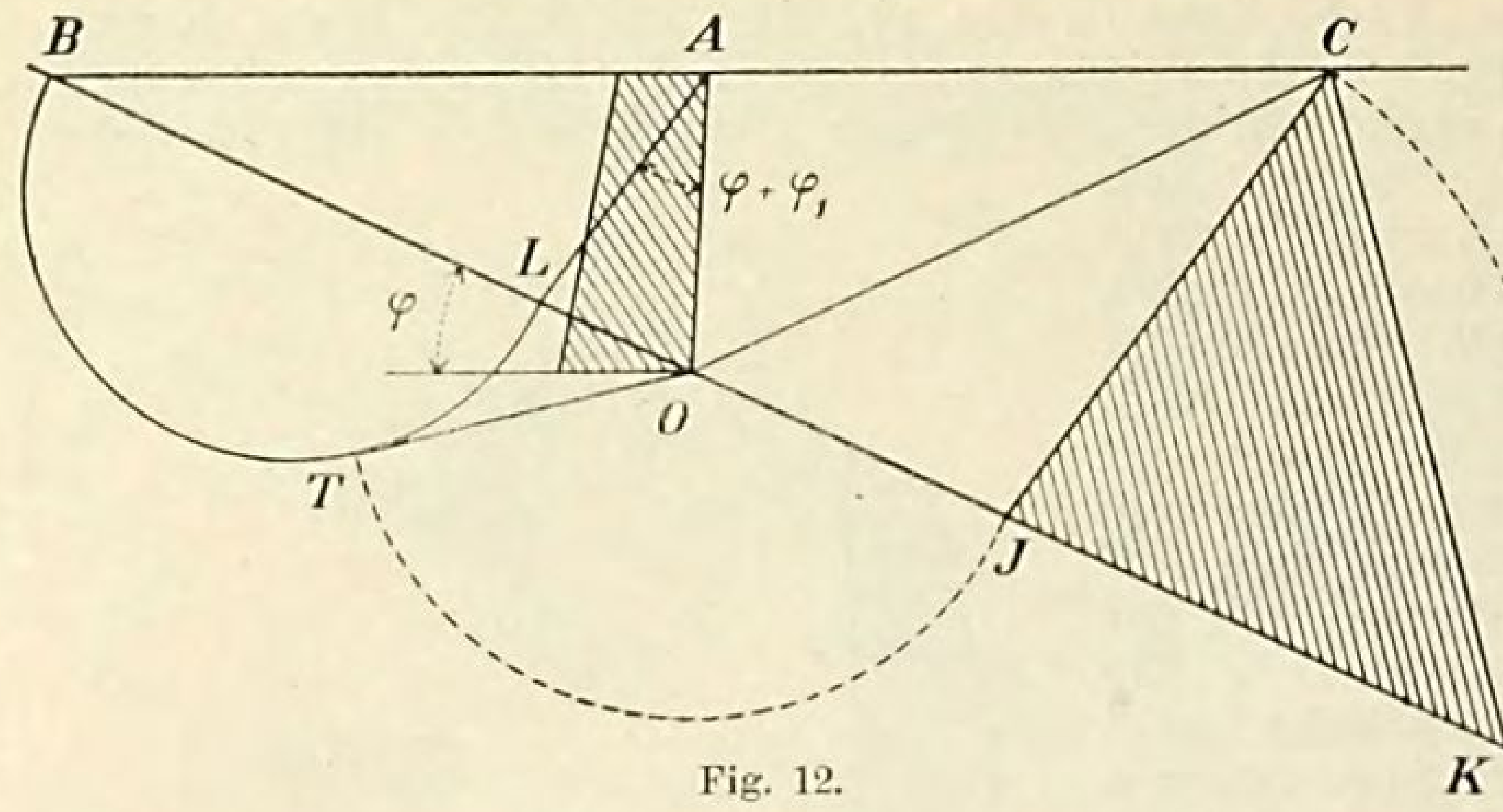


Fig. 12.

Der passive Erddruck wird dadurch gefunden, dass man die Winkel φ und φ_1 mit negativem Zeichen aufträgt. Man zieht (Fig. 12) die natürliche Böschung OB und die Linie AL nach links statt nach rechts, zeichnet über BL einen Kreisbogen, legt aus O die Tangente daran, dreht diese nach OJ herüber, zieht sodann $JC \| AL$ und macht JK gleich JC, so ist der Erddruck $E = \gamma . \Delta CJK$.

Bei Stützmauern kommt ausschliesslich der aktive Erddruck in Betracht. Auch bei der statischen Untersuchung von Brückenwiderlagern, Durchlässen, Tunnelgewölben etc. wird man in der Regel mit dem aktiven Drucke rechnen, wenngleich der Druck hier grösser werden und dem passiven Drucke sich nähern kann [4].

Litteratur: [1] Culmann, Die graph. Statik, Zürich 1866. — [2] Rebhann, Theorie des Erddrucks etc., Wien 1871. — [3] Winkler, Neue Theorie des Erddrucks etc., Wien 1872. — [4] Ritter, Statik der Tunnelgewölbe, Berlin 1877. — [5] Wittmann, Geometrische Erddrucktheorie etc., Zeitschr. f. Bauk. 1878, auch Statik der Baukonstr., Berlin 1879. — [6] Ritter, Erddruck mit Rücksicht auf die Kohäsion, Eisenbahn 1880, Bd. 13.

W. Ritter.

Erde, Erdmessung (Gradmessung). Nach der heute als giltig betrachteten Hypothese über die Entstehung des Sonnensystems ist die Erde ein Körper, welcher sich aus einem rotirenden kosmischen Gasball durch Abkühlung und Zusammenziehung allmälich gebildet und unter dem Einfluss der Schwerkraft und Schwungkraft zu seiner jetzigen Gestalt entwickelt hat. Der Körper zeigt an seiner äusseren, von der Lufthülle umgebenen Oberfläche die feste Erdkruste, deren Hohlformen mit Wasser angefüllt sind. Etwa 28%, wenig mehr als $^1/_4$, dieser Kruste ragt aus dem „Weltmeer“ als „Festland“ empor. Die Oberflächen beider Formen lassen nach allen Richtungen hin eine Krümmung erkennen. — Es ist die besondere Aufgabe der Erdmessung (s. a. Geodäsie), die Gestalt dieses ballförmigen Erdkörpers zu definiren, zu bestimmen und darnach seine Abmessungen zu ermitteln, welche Aufgabe im Lauf der Jahrhunderte verschieden aufgefasst und behandelt wurde.

I. Hypothesen für die Erdfigur und geometrische Auswertung derselben durch Gradmessungen.

Kugel-Hypothese. Wird die Frage nach der Gestaltung der Erdoberfläche einfach dadurch erledigt, dass die Hypothese aufgestellt wird, „die Erde ist eine Kugel“, ohne eine weitere strenge Definition, so ist auch die geometrische Auswertung dieser Hypothese sehr einfach.

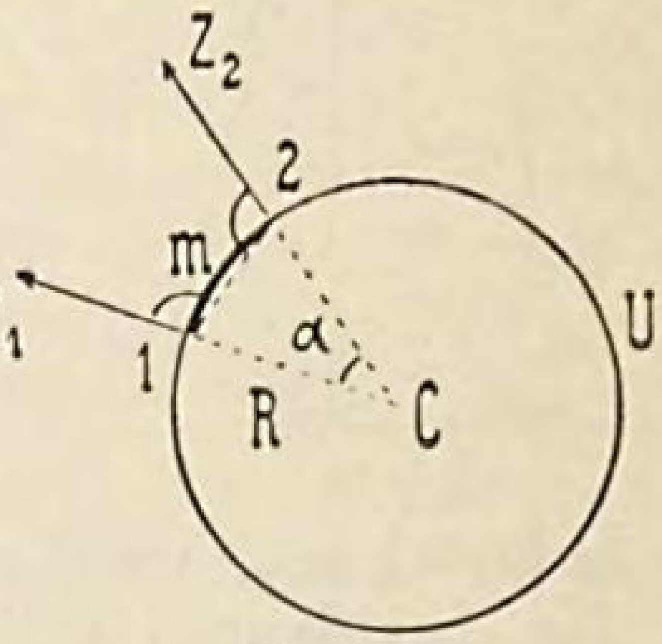


Fig. 1.

In Fig. 1 ist m ein Stück des Kugelschnitts U mit dem Kugelmittelpunkt C und dem Kugelradius R. Es ist $\alpha : 360^0 = m : U = m : 2\pi R$, woraus U, R oder der Bogen m für $\alpha = 1^0$, also die Länge eines Gradbogens m_{1^0}, sich ergeben, sobald α und m gemessen sind.

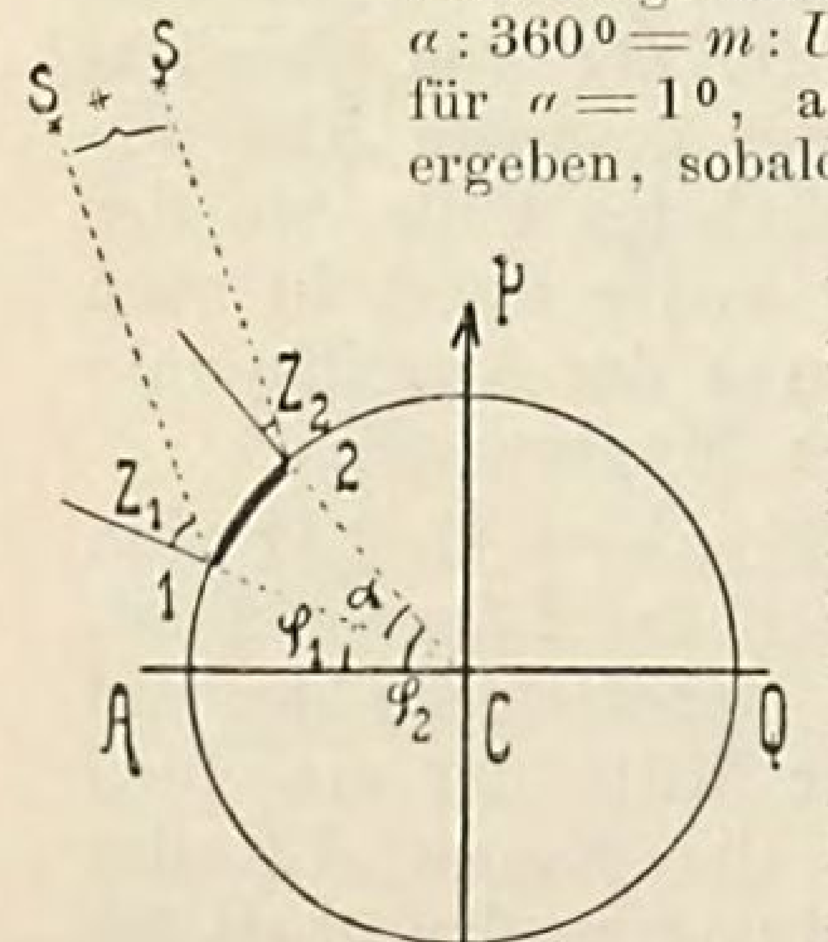


Fig. 2.

Die Messung von α. Der Zentriwinkel α wird gebildet durch die Radien nach 1 und 2, welche bei der Kugelhypothese den zum Kugelmittelpunkt konvergirenden Richtungen des Bleilotes entsprechen. Die Messung von α an der Erdoberfläche kann in verschiedener Weise erfolgen, terrestrisch oder astronomisch. Von den verschiedenen terrestrisch-geometrischen Methoden zur Bestimmung der Konvergenz der Lotrichtungen ist für die praktische Durchführung am besten geeignet die Methode durch die gegenseitigen Zenithdistanzen $Z_1\,1\,2$ und $Z_2\,2\,1$, woraus $\alpha = Z_1\,1\,2 + Z_2\,2\,1 - 180^0$. Auch sie ist nur für kleine Bögen m möglich und bietet wegen der terrestrischen Refraktion (s. d.) nur geringe Genauigkeit (s. weiter unten). Daher kommt für die praktische Durchführung in erster Linie in Betracht die astronomische Bestimmung, wobei der Kugelschnitt U die Erdaxe PC enthält und zum Meridianschnitt wird. In Fig. 2 ist $\alpha = Z_1 - Z_2 =$ dem Unterschied der Zenithdistanzen Z_1 und Z_2 eines Gestirnes S (oder mehrerer in bekannter gegenseitiger Lage), oder allgemein $\alpha = \varphi_2 - \varphi_1 =$ dem Unterschied der Polhöhen (geographische Breiten φ_1 und φ_2 von 1 und 2 (s. Polhöhenbestimmung).

„Die Messung des Erdbogens m“ kann durch unmittelbare Längenmessung erfolgen, nachdem der Grosskreisbogen m zwischen 1 und 2 abgesteckt ist, oder zur Ueberwindung der sich bei einer solchen unmittelbaren Messung langer Strecken auf der Erdoberfläche ergebenden Hindernisse durch die indirekte Methode der Triangulirung, deren Wesen darin besteht, dass in der Richtung zwischen 1 und 2 ein System an einander hängender Dreiecke angeordnet wird, in welchem die Winkel gemessen werden, so dass, wenn in irgend einem Dreieck eine Seite gemessen ist, alle Dreieckseiten und daraus der Abstand der Punkte 1 und 2, bei der Ableitung von α aus den Polhöhen, der Abstand der Parallelkreise von 1 und 2 in linearem Mass ausgedrückt werden kann. (Weiteres s. Triangulirung.)

Die ältesten Erdmessungen. Nach diesem einfachen Prinzip sind schon im Altertume nach Erkennung bezw. Vermutung der Kugelgestalt (Pythagoras, Archimedes, Aristoteles) Messungen unternommen worden. Die wesentlichsten Daten der Geschichte dieses Teils der Erdmessung sind: Eratosthenes, 220 a. Chr. n., Bogen Alexandrien — Syene am Nil; Posidonius, 85 a. Chr. n., Bogen Alexandrien — Rhodus; die arabische Messung (Chalid ben Abdulmelik und Ali ben Isa) 827 p. Ch. n., Bogen in der arabischen Wüste; dann lange Pause im Mittelalter, dann in Europa: der Franzose Fernel 1527, Bogen Paris — Amiens, der Holländer Snellius 1615, Bogen Bergen — Alkmar, der Holländer Blaeu (nach 1600) Bogen an der holländischen Küste, der Engländer Norwood, 1633, Bogen London — York.

Das geometrische Prinzip war bei allen diesen Messungen das gleiche, nämlich das der astronomischen Meridianbogenmessung; die Ausführung und deren Hilfsmittel den Zeiten entsprechend verschieden. Die Bestimmungen der Alexandriner beruhten für m auf Schätzungen (Wegelänge, Fahrzeit), für $\alpha = Z_1 - Z_2$ auf genäherten Annahmen ($Z = 0$ bezw. $Z = 90^0$) und Messung mit rohen Hilfsmitteln; die der Araber schon allein auf Messung, für m auf Messung mit Messleinen, für die Polhöhen mit primitiven Meridiankreisen. Den abendländischen Messungen standen für die Polhöhen die schon weiter entwickelten Quadranten und Zenithsektoren zur Verfügung; jedoch bereiteten die Geländehindernisse der genauen Bestimmung von m unüberwindliche Schwierigkeiten (Fernel benützte den bekannten Umfang eines Wagenrades, Blaeu und Norwood massen 100 bezw. 300 km mit Messrute und Messkette). Diese Schwierigkeiten beseitigte Snellius 1615 durch Einführung der Triangulirung (s. d.), womit in technischer Hinsicht ein bedeutender Fortschritt gemacht wurde, der bald auch die Erdmessung in neue Bahnen lenkte. Des Snellius' Messinstrumente waren für die Winkelmessung Quadranten (2' und 3½' Radius), für die Polhöhenbestimmung ein (5½') Quadrant. Die nächste, nach Snellius' Methode ausgeführte Arbeit leitet schon den Beginn der exakten Messungen ein: es ist die Unternehmung Picards 1669—70, unterstützt durch die eben gegründete Pariser Akademie der Wissenschaften. Die Messung fand statt nördlich von Paris zwischen zwei Punkten im Meridian von Paris. Als Winkelmessinstrument diente ein eiserner Quadrant mit Transversalenteilung in Minuten und einem festen und einem mit der Alhidade beweglichen Fernrohr mit Fadenkreuzen aus schwarzer Seide (erste Anwendung des Zielfernrohrs mit Fadenkreuz). Zur Polhöhenbestimmung diente ein 10' Zenithsektor (Transversalenteilung mit 20″ Ablesung) [16]. (Ueber die Basis s. Basismessung.) In diesen Hilfsmitteln, der Massbestimmung, überhaupt der ganzen Anlage der Arbeit tritt ein erheblicher Fortschritt hervor, welchem die Bedeutung der Messung entspricht.

Hypothese des abgeplatteten Rotationsellipsoids. Auf die Thatsache, dass die Erde ein Umdrehungskörper ist und dass dementsprechend nach den von Newton und Huyghens begründeten dynamischen Theorien ihre Umdrehungsaxe kürzer sein muss als die Aequatorialaxe, gründet sich die Hypothese: Die Erdfigur, dargestellt durch die Meeresoberfläche, ist ein an den Polen abgeplattetes Rotationsellipsoid. Die geometrische Aufgabe ist: Prüfung der Hypothese und Ermittelung der Abmessungen des Ellipsoides, d. h. derjenigen der rotirenden Ellipse, also eines Meridianschnitts im Meeresspiegel.

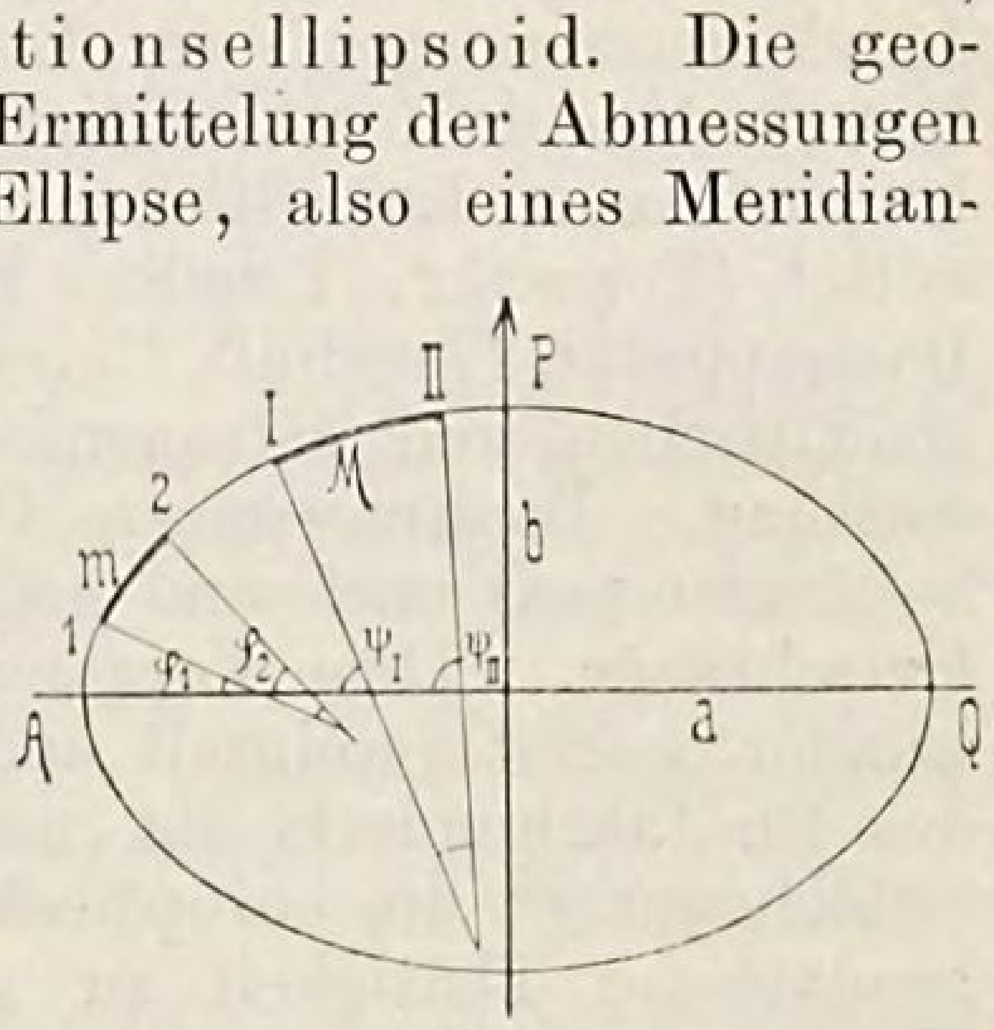


Fig. 3.

Sind in Fig. 3 a und b die grosse und kleine Halbaxe, so ist die Krümmung der Kurve bei A stärker als bei P und dementsprechend der diese Krümmung ausdrückende Krümmungsradius bei A kleiner als bei P. Sind $\varphi_1 \varphi_2$ und $\psi_I \psi_{II}$ die von den Normalen in den Punkten 1, 2 und I, II mit der Aequatorialaxe gebildeten Winkel, d. h. die Polhöhen (geographischen Breiten) der betreffenden Punkte, so ist $m = (\varphi_2 - \varphi_1)\, r : \varrho$ und $M = (\psi_{II} - \psi_I)\, R : \varrho$. Wobei r und R die zu den Mitten der kleinen Meridianbögen m und M gehörenden Krümmungsradien bedeuten (ϱ = Kreiskonstante). Werden die Unterschiede der Polhöhen in den Endpunkten m und M einander gleich gesetzt und ihnen ein bestimmter Wert — z. B. 1^0 — gegeben, also $\varphi_2 - \varphi_1 = \psi_{II} - \psi_I = 1^0$, so ist $M_{1^0} > m_{1^0}$, d. h. die linearen Längen der zu gleichen Polhöhenunterschieden gehörenden Meridianbögen wachsen mit zunehmender Breite. Dieser Unterschied der zu der Polhöhendifferenz von 1^0 gehörenden Bögen, der „Gradbögen“, gibt die Abweichung von der Kugelgestalt, bei welcher $M_{1^0} = m_{1^0}$ sein müsste, zu erkennen, die durch Messungen, welche darnach den Namen „Gradmessungen“ führen, zu bestimmen ist.

Unter Zugrundelegung der Gleichungen für die Ellipse lassen sich die Dimensionen der Meridianellipse a und b oder, da die Beziehung zwischen a und b auch vermittelt wird durch die numerische Exzentrizität $e = \sqrt{(a^2 - b^2) : a^2}$, durch a und e bestimmen, sobald nur zwei Gleichungen für die Ableitung dieser beiden Unbekannten vorliegen. Einen Ausdruck für das Verhältnis der beiden Halbaxen a und b zu einander liefert der Quotient $p = (a - b) : a = 1 - \sqrt{1 - e^2}$, den man die Abplattung nennt. Die zur Ableitung der Unbekannten erforderlichen Gleichungen werden gewonnen durch Einführung der Gleichungen für die Krümmungsradien r, R in die oben für die Meridianbögen m und M angegebenen Beziehungen. Es ist

$$m = \frac{a\,(1 - e^2)}{\sqrt{\left(1 - e^2 \sin^2 \frac{\varphi_1 + \varphi_2}{2}\right)^3}} \cdot \frac{\varphi_2{}'' - \varphi_1{}''}{\varrho''}; \quad M = \frac{a\,(1 - e^2)}{\sqrt{\left(1 - e^2 \sin^2 \frac{\psi_I + \psi_{II}}{2}\right)^3}} \cdot \frac{\psi_{II}{}'' - \psi_I{}''}{\varrho''}.$$

Daraus ergeben sich, sobald wie früher bei der Kugel die Polhöhen und durch Triangulirung (s. d., sowie sphärische und sphäroidische Triangulirung) die Längen der Meridianbögen aus den auf den Meeresspiegel reduzirten Basiswerten (s. Basis) ermittelt sind, die Unbekannten e, a und p sowie b. Aus diesen können dann Oberfläche, Volumen u. s. w. des Ellipsoids berechnet werden.

Liegen nicht nur zwei Bögen, sondern eine Anzahl von Messungen vor, so können die Unbekannten so bestimmt werden, dass sie unter Erfüllung gewisser Bedingungen den Messungen sich möglichst anpassen, z. B. so dass die Quadratsumme der Polhöhenverbesserungen bei unveränderten Bogenlängen ein Minimum werden. Die Rechnungsvorschriften hierzu ergeben sich aus der Methode der kleinsten Quadrate.

Diese Bestimmung der Dimensionen der Meridianellipsen aus Meridianbögen und Breiten-(Polhöhen-) Unterschieden bezeichnet man als „Breitengradmessungen" zur Unterscheidung von anderen Methoden. Wird nämlich ein Erdbogen so angeordnet, dass er nicht im Meridian liegt, sondern in den Punkten 1 und 2 sich die Azimute α_1 und α_2 ergeben, so lassen sich aus diesem einen Erdbogen (geodätische Linie) und den Polhöhen und Azimuten in seinen Endpunkten die unbekannten Ellipsoiddimensionen ableiten, wobei auch (besonders für Bögen in der Nähe des Aequators) die geographischen Längenunterschiede der Endpunkte geeignete Verwendung finden können. — Werden die Erdbögen anstatt in Meridianen in Parallelkreisen gemessen, so dass die zu den betreffenden Bögen in den Parallelschnitten gehörenden Zentriwinkel den Winkeln, welche die Meridianebenen der Endpunkte einschliessen, entsprechen, so lassen sich, sobald zwei Parallelbögen in verschiedenen Breiten nebst den zugehörigen geographischen Längenunterschieden gemessen sind, auf Grund der Ellipsoidgleichungen die Dimensionen des Ellipsoids berechnen. Diese Messungen von Bögen in Parallelkreisen, die man „Längengradmessungen" nennt, werden nicht in erster Linie unternommen, um die Ellipsoiddimensionen zu bestimmen, sondern um die Krümmung der Parallelbögen zu untersuchen (s. w. unten).

Die Periode der exakten Gradmessungen. Die Folgerungen der Newton-Huyghens'schen Theorien und bei der Picard'schen Messung entstandene Bedenken (unbegründete Vermutungen über eiförmige Gestalt des Erdkörpers waren schon früher aufgetaucht) führten zur Verwerfung der Kugel-Hypothese und zu den ausgedehnten Unternehmungen des 18. Jahrhunderts, von denen die erste gegen Ende des 17. Jahrhunderts von der Pariser Akademie der Wissenschaften in Gang gebracht wurde. Damit beginnt die Zeit der exakten Gradmessungen, deren Ergebnisse (grundlegend für die auf sie gestützten Landesvermessungen) im Laufe von zwei Jahrhunderten mit der allmälichen Entwicklung der mathematischen Theorien (Trigonometrie, ellipsoidische Rechnung, Logarithmen, Logarithmentafeln), der Ausbildung der instrumentellen Hilfsmittel (Fernrohr, Libelle, Mikrometer, Nonius, Schraubenmikroskop, Teilung, Basisapparat, Theodolit, Universalinstrument, Passageinstrument) und der gesamten geodätischen und astronomischen Beobachtungstechnik (Triangulirung, Winkelmessung, Basismessung, Pendelmessung, Polhöhen- und Längendifferenzbestimmungen) nach und nach bis zu ihrer heutigen Genauigkeit und Bedeutung fortschritten. Dem Vorgange Frankreichs folgten bald eine Anzahl anderer Länder, zuerst vereinzelt und ohne Zusammenhang, bis in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts die „mitteleuropäische" (1861) und die „europäische (1866) Gradmessung" die europäischen Arbeiten zusammenfasste und heute die gesamte geodätische Thätigkeit zu gemeinschaftlicher Arbeit in der „internationalen Erdmessung" (seit 1886) vereinigt ist.

Die wesentlichsten dieser in wissenschaftlicher und technischer Hinsicht hochbedeutenden Arbeiten (übersichtliche Darstellungen finden sich in [5]—[11]) sind: 1680—1720: Französische Gradmessung, Fortsetzung der Picard'schen bis zur Nord- und Südgrenze Frankreichs im Meridian von Paris, durch die beiden Cassini, Vater und Sohn, und De la Hire. Das Resultat, ein Gradbogen südlich Paris = 57097 Toisen, nördlich Paris = 56960 Toisen, widersprach den Newton-Huyghens'schen Theorien, gab Anlass zu einem heftigen Streit der französischen und englischen Gelehrten und führte zu den Gradmessungs-Expeditionen nach Peru 1735 durch

Bouguer und Lacondamine nebst anderen und nach Lappland 1736 durch Maupertuis, Clairaut, Onthier, Celsius u. a. Das Resultat war: ein Gradbogen in Peru, mittlere Polhöhe — 1° 31′, = 56736 Toisen, in Lappland mittlere Polhöhe + 66° 20′, = 57438 Toisen. Demnach also (mit Einschluss der Messungen in Frankreich) das Zunehmen der Gradbogenlänge vom Aequator bis zum Pol, d. h. die polare Abplattung, bestätigt und die Streitfrage im Sinne der Newton-Huyghens'schen Theorie erledigt. Spätere Neubearbeitungen der französischen Messungen (1739 durch Cassini de Thury und Lacaille) mit verbesserten Verfahren und Hilfsmitteln beseitigten auch die Widersprüche für das Meridianstück in Frankreich. Weitere Gradmessungen brachten Bestimmungen an verschiedenen Punkten der Erdoberfläche und vermehrten das Material zur Bestimmung des Ellipsoides, z. B. die Messungen am Kap der guten Hoffnung 1751 durch Lacaille, im Kirchenstaat 1751 durch Boscovich und Lemaire, in Oberitalien 1764 durch Beccaria, in Nordamerika 1764 durch Mason und Dixon, in Oesterreich-Ungarn 1770 durch Liesganig, in England 1783 durch Roy und Dalby, in Englisch-Ostindien 1790 durch Burrow, in Frankreich 1792 die „grosse französische Gradmessung" zur Einführung des metrischen Systems. Durch letztere Messung sollte unter Zugrundlegung der ellipsoidischen Erdgestalt aus dem in Frankreich liegenden Teile des Pariser Meridians die Länge des Meridian-Quadranten vom Aequator bis zum Pol errechnet und dessen zehnmillionter Teil als natürliche, am Erdkörper unveränderlich aufbewahrte Masseinheit bestimmt werden. Dass dieses Prinzip nach unseren heutigen Anschauungen und Kenntnissen ein irrtümliches war, beeinträchtigt durchaus nicht die Zweckmässigkeit des damit gewonnenen, später konventionell gewordenen, internationalen Masssystems; für die Erdmessung aber bedeutet die französische, mit reichen Hilfsmitteln unternommene Arbeit einen erheblichen Fortschritt durch die Entwicklung der geodätischen Methoden und Operationen (Delambre, Mechaine, Borda, Laplace, Lagrange).

Der Anfang des 19. Jahrhunderts brachte eine Reihe weiterer Messungen, von welchen wir hervorheben: die Neumessung des lappländischen Bogens durch Svanberg, die Fortführung der englischen Gradmessungen (später bis zu den Shetlandinseln durch Mudge, Kater, James, Clarke), der französischen bis zu den Balearen (durch Biot und Arago), die zweite ostindische Messung (durch Lambton und Everest), die zweite Messung am Kap der guten Hoffnung (durch Maclear), die russische Gradmessung durch Struve und Tenner, und vornehmlich die dänische Gradmessung 1816 (Schumacher, Andrae), die hannover'sche (Gauss) 1821, die ostpreussische 1831 (Bessel, Baeyer). Diese letzteren, an Umfang zwar kleinen Messungen sind besonders ausgezeichnet durch die Ausbildung der Theorien, der Beobachtungs- und Berechnungsmethoden, welche dadurch im wesentlichsten auf ihren heutigen Standpunkt gebracht wurde [17] u. [18].

Die Dimensionen des Erdellipsoides. Aus den Ergebnissen der oben genannten Breitengradmessungen, d. h. den Polhöhen-Unterschieden und den zugehörigen Meridianbögen wurden die Erddimensionen, d. h. die Axenlängen, die Abplattung und die sonstigen Werte für das Ellipsoid bestimmt von Legendre (1805 aus 4 Bögen), Walbeck (1819 aus 5 Gradmessungen), Schmidt (1828 aus 6 Gradmessungen mit 25 Polhöhen), Airy (1830 aus 14 Gradmessungen) und endlich Bessel (1837 und 1841).

Bessels klassische Arbeit ist vor allen anderen dadurch ausgezeichnet, dass, in voller Erkenntnis der im 2. Abschnitt zu gebenden Definitionen das Beobachtungsmaterial einer sorgfältigen Kritik unterzogen wurde [19]. Seine Erddimensionen, abgeleitet aus 10 Gradmessungen, zwischen — 3° und + 67° Breite verteilt, zusammen einer Ausdehnung von rund 50 Breitengraden entsprechend, mit 38 Polhöhen, liegen den meisten europäischen Landesvermessungen zu Grunde und werden diesem Zweck auch wohl noch auf lange Zeit hinaus genügen. Es sind die folgenden:

Grosse Halbaxe $a = 6\,377\,397{,}15$ m, $\log a = 6.804\,6434\,637$; kleine Halbaxe $b = 6\,356\,078{,}96$ m, $\log b = 6.803\,1892\,839$; Abplattung $p = 1:299{,}1528 = 0{,}00334277$. — Exzentrizität $e = 0{,}081\,696\,8304$, $\log e = 8.912\,205\,2075 - 10$. — Meridian-Umfang $= 40\,003\,423{,}05$ m. — Meridian-Quadrant $= 10\,000\,855\,76$ m. — Aequator-Umfang $= 40\,070\,368{,}10$ m. — Ein Aequator-Gradbogen $= 111\,306{,}578$ m. — Eine geographische Meile $= 1/15$ Aequator-Grad $= 7\,420{,}439$ m. — Oberfläche des Ellipsoids $= 509\,950\,714{,}3$ Quadratkilometer. — Kubikinhalt des Ellipsoids $= 1\,082\,841\,322\,500$ Kubikkilometer. — Radius desjenigen Kreises, welcher denselben Umfang wie eine Meridianellipse hat $= 6\,366\,742{,}52$ m. — Radius derjenigen Kugel, welche dieselbe Oberfläche wie das Ellipsoid hat $= 6\,370\,289{,}51$ m. — Radius derjenigen Kugel, welche denselben Inhalt wie das Ellipsoid hat $= 6\,370\,283{,}16$ m.

Neuere Bestimmungen sind vorgenommen von Clarke 1856, 1866 und 1880 [12]; seine Ergebnisse in Meter umgewandelt, sind: $a = 6\,378\,249$ m, $b = 6\,356\,515$ m, Abplattung $= 1:293{,}466$. — Andere Bestimmungen für die besonderen, im nächsten Abschnitt angegebenen Untersuchungen liegen vor von Listing (typisches Ellipsoid) [20], Helmert (Referenz-Ellipsoid) [21] und anderen.

Die Abweichungen der Ergebnisse für das Erdellipsoid bei der Berechnung aus verschiedenen Gradmessungen und die Kritik der bei den einzelnen Bögen auftretenden Anomalien, liessen auf eine verschiedene Krümmung der Meridiane schliessen und gaben der Vermutung Raum, dass auch die Parallelschnitte nicht Kreise, sondern Ellipsen sein könnten. Damit ergab sich die Notwendigkeit der Untersuchung der Krümmung in der Richtung der Parallelen durch die

schon erwähnten Längengradmessungen, welche im Laufe der Zeit durch die Ausbildung der telegraphischen Bestimmung der Längendifferenzen von grosser Bedeutung wurden.

Die erste dieser Längengradmessungen war zu Anfang des 19. Jahrhunderts die französisch-sardinisch-österreichische unter dem 45. Breitengrade zwischen Bordeaux und Fiume. Weitere Längengradmessungen wurden geplant besonders im Anschluss an die allmälich an Ausdehnung zunehmenden und ein reiches Material liefernden Landesvermessungen. Ein französisch-bayrisch-österreichischer Bogen von Brest bis Wien, und ein solcher auf dem 52° Breitengrade, vom Ural bis zur irischen Küste, über 68° Längenunterschied umfassend (eine englisch-deutsch-russische Unternehmung) wurden begonnen. Das Ergebnis der auf die fertiggestellten Teile dieser Bögen sich erstreckenden Untersuchungen war, dass thatsächlich Abweichungen von der Kreisform vorhanden sind. Dagegen führten die auf der Vermutung, die Parallelschnitte seien auch Ellipsen, beruhenden (auf theoretischen Untersuchungen besonders von Jacobi 1834 gestützten) Versuche, ein dreiaxiges Ellipsoid aus den Messungen abzuleiten, sowie auch mehrere andere Versuche zu keinem Erfolge. Es gewann vielmehr die schon vorher als Vermutung aufgetauchte Anschauung, dass die Erdfigur eine unregelmässige, gar nicht durch eine einfache Formel ausdrückbare Form habe, eine feste Gestalt.

Um weiteres Beobachtungsmaterial neben den schon erwähnten Längengradmessungen sowie dem englisch-französisch-spanischen Breitenbogen von 28° Amplitude und dem russisch-finnischen Bogen von 26° Amplitude, zunächst für Mitteleuropa in dem Rahmen zwischen den Meridianen von Bonn und Königsberg bis zu den Parallelen von Christiania und Palermo zu beschaffen, unternahm es Baeyer, die bisher vereinzelten Grad- und Landesvermessungen der mitteleuropäischen Staaten durch eine geodätische Vereinigung dieser Staaten zu einem einheitlichen System zusammenzufassen. Damit rief er 1861 die schon erwähnte „mitteleuropäische“ Gradmessung ins Leben, welche sich 1866 zur „europäischen“ erweiterte. Ihre wissenschaftliche und administrative Vertretung fand die Vereinigung in ihrer „permanenten Kommission“ und dem „Zentralbureau“ in Berlin. Auf den jährlichen Zusammenkünften und den alle drei Jahre zusammentretenden Generalkonferenzen werden die Aufgaben diskutirt und über die Fortführung derselben berichtet. Das Zentralbureau wurde nach einer Neuorganisation in Preussen 1869 mit dem neugegründeten geodätischen Institut unter Baeyers Direktion vereinigt. Eine Darstellung der umfassenden Arbeiten dieser Vereinigung zu geben, ist hier unmöglich; es muss verwiesen werden auf die laufenden Berichte, Protokolle und Verhandlungen der permanenten Kommission und der Generalkonferenzen [2], sowie auch eine ganze Reihe besonderer Arbeiten, die sich zusammengestellt finden in [1]. Als in allgemeinem Interesse hervortretend sei nur erwähnt: die Prüfung und Regulirung des Masssystemes für die Grundlinienmessung, aus der in Paris 1875 die internationale Meterkonvention hervorging; ferner der trigonometrische und astronomische Anschluss der Gradmessungssysteme der einzelnen Länder, besonders durch telegraphische Längendifferenzen, woraus 1883 (in Rom, 7. Generalkonferenz) eine Einigung über einen einheitlichen Anfangsmeridian (Greenwich) sich ergab. — Als nach dem Tode des Begründers der Vereinigung die Direktion des preussischen geodätischen Institutes an Helmert überging und in Verbindung damit eine Neuorganisation desselben vorgenommen worden war, trat 1886 eine abermalige Erweiterung der Aufgabe und des Gebietes ein: die europäische Gradmessung entwickelte sich zur „internationalen Erdmessung“, welche ihre Aufgaben in dem Sinne der im nächsten Abschnitt zu erläuternden Auffassung der Erdfigur zur Durchführung bringt.

II. Analyse der Erdfigur und Erdmessung.

Wird die Erde aufgefasst als ein sich um eine Axe drehender Körper von nahezu ellipsoidischer Oberflächengestaltung, an welcher jeder Punkt dem Einfluss der Schwungkraft und Schwerkraft unterworfen ist, so lässt sich die Wirkung dieser beiden Kräfte ausdrücken durch ihr kombinirtes Potential, die Kräftefunktion. Der geometrische Ort der Punkte gleichen Potentiales heisst Niveaufläche (mit der Gleichung: Potentialwert $W =$ Konstans). Die mathematische Analyse dieser Flächen lehrt ihre Eigenschaften in geometrischer wie in dynamischer Hinsicht kennen.

Die zu einer allgemeinen Erläuterung der Aufgabe der Erdmessung in Betracht kommenden wichtigsten Sätze dieser Theorie der Niveauflächen (s. Potential) sind nach [3] und [4] die folgenden: Eine Niveaufläche ist eine stetig gebogene Fläche ohne Spitzen, Kanten, Rückkehrpunkte. Durch einen bestimmten Punkt geht nur eine einzige Niveaufläche. — Die Richtung der Schwerkraft, d. h. die Lotrichtung fällt in die Flächennormale. Die Grösse der Schwere ist eine Funktion des Flächenortes. Niveauflächen von verschiedenen Werten W umschliessen sich schalenartig, wobei die Werte W nach ausen abnehmen. Der in den Lotlinien gemessene Abstand dh benachbarter Niveauflächen ist eine Funktion der Potentialdifferenz für die betreffenden Niveaupunkte, so dass das Produkt $g\,dh$ konstant ist. Daraus folgt, dass der Abstand benachbarter Niveauflächen eine Funktion der Flächenorte ist, und umgekehrt proportional g, d. h. die Niveauflächen sind keine Parallelflächen. Eine Lotlinie, welche die Schar der Niveauflächen vertikal durchstösst, ist dementsprechend eine Linie doppelter Krümmung, die Tangenten an diese in bestimmten Punkten entsprechen den „Lotrichtungen dieser Punkte“.

Wird die Gleichung für die Kräftefunktion auf die Hauptglieder beschränkt, weil nach der bisherigen Kenntnis des Erdkörpers die übrigen Glieder (welche

je nach Bedürfnis mitgeführt werden können) von solcher Ordnung sind, dass sie nicht in Betracht kommen, so ergibt sich eine angemessene erste Näherung für die Funktionsfläche; man nennt diese ihrem Ausdruck nach vereinfachte Fläche „Niveausphäroid" oder kurzweg „Sphäroid" und „Erdsphäroid" (Ausdruck $W_0 = U =$ Konstante).

Wird für die Funktion U die Gleichung für die Verteilung der Schwerkraft längs der Oberfläche entwickelt, so ergibt sich, dass ein derartiges Niveausphäroid einer zur Aequatorebene (Radius a) symmetrischen Rotationsfläche entspricht, deren Drehaxe die Polaraxe ist. Weiter ergibt sich, dass, wenn für die Verteilung der Schwere g längs eines Meridianschnittes die Gleichung $g = g_a (1 + \mathfrak{B} \sin^2 \varphi)$ eingeführt wird ($g_a =$ Schwere am Aequator, $\varphi =$ Polhöhe, $\mathfrak{B}$ eine Konstante), die Beziehung zwischen der grossen und kleinen Halbaxe, der Abplattung $p = (a - b) : a$ und der Schwerkraft g, sich durch das in Bd. 3, S. 64, angeführte Clairaut'sche Theorem darstellen lässt. Werden in den Gleichungen für U weitere Glieder angesetzt, so modifiziren sich auch dementsprechend die Gleichungen für die Beziehungen zwischen a, b, p und g, und damit auch die den Clairaut'schen Satz (Bd. 3, S. 64) ausdrückenden Gleichungen, der dadurch eine entsprechende Erweiterung erfährt [3], Bd. 2, S. 74. Wird die Polargleichung des Meridianschnittes für dieses Niveausphäroid aufgestellt und mit derjenigen einer Ellipse von gleicher Axe a verglichen, so zeigt sich, dass die Abweichung zwischen dem Sphäroidschnitt und der Ellipse für das Erdsphäroid gering ist. — Den abgekürzten Ausdrücken U für die Niveauflächen W lassen sich mit Rücksicht auf die Verhältnisse des Erdkörpers bestimmte Formen geben, um sie mit einem einfachen mathematischen Körper, dem Rotationsellipsoide, in passende Uebereinstimmung zu bringen. Wird zu dem Zweck für die Verteilung der Schwere die abgekürzte zweigliedrige Beziehung $g = g_a (1 + \mathfrak{B} \sin^2 \varphi)$ eingeführt und mit den empirisch bestimmten Koefficienten in dem Potentialwert U die Konstanten desselben abgeleitet, so erhält man ein Niveausphäroid, welches Helmert [3], Bd. 2, S. 89, als die Normalform des Sphäroids bezeichnet (Bruns [4], S. 16, wählt eine etwas andere Normalform). Diese Normalformen des Niveausphäroids weichen von einem Rotationsellipsoide gleicher Abplattung (Quotient $[a - b] : a$) um so geringe Beträge ab (Maximum der Abweichung bei $\varphi = 45^0$ nach Helmert 12,7 m, Bruns 19,1 m), dass für die Aufgaben der Erdmessung ohne weiteres das der Meeresfläche entsprechende Erdsphäroid als ein abgeplattetes Rotationsellipsoid angesehen werden, und demnach die Berechnungen auf dem Normalsphäroid nach den für das Ellipsoid giltigen Rechnungsvorschriften erfolgen kann. Die früher besprochenen auf das Ellipsoid bezogenen Rechnungen für die Gradmessungssysteme dürfen daher in diesem Sinne auch auf das Normalsphäroid und in der gleichen Auffassung auch der Clairaut'sche Satz oder seine Erweiterung auf das Ellipsoid übertragen werden. Diese Identifizirung von Sphäroid und Ellipsoid gilt nicht allein für eine bestimmte Niveaufläche, sondern für alle in der Nähe der Erdoberfläche verlaufenden, mit der oben definirten Normalform.

Es kann demnach als allgemeiner Ausdruck für die Erdgestalt unter den unendlich vielen Niveauflächen, welche der für die Beobachtung zugänglichen physischen Erdoberfläche angehören, irgend eine gewählt werden, z. B. diejenige, welche im allgemeinen dem Meeresspiegel entspricht. Dadurch ist ein Ausdruck gewonnen, welcher, da die Meeresfläche eine freie, dem Einfluss der auf sie wirkenden Kräfte folgende Flüssigkeitsoberfläche und etwa $^3/_4$ der Gesamtoberfläche ist, als eine sichtbare Niveaufläche die Erdgestalt repräsentirt, die man sich innerhalb der Kontinente als eine geschlossene Fläche fortgesetzt denken kann (Gauss und Bessel) [22]. Diese so definirte Erdgestalt nennt man nach Listing das „Geoid" [20]. Da nun aber der Erdkörper, wie wir an seiner erstarrten, unregelmässig geschichteten Kruste unmittelbar erkennen, eine wechselnde Massenanordnung zeigt, so kann das „Geoid" nicht die bisher betrachtete einfache sphäroidische (ellipsoidische) Gestalt haben, sondern es wird dasselbe der thatsächlich vorliegenden, unregelmässigen Massenanordnung entsprechende Ausbiegungen (Deformationen) gegenüber dem Sphäroid zeigen.

Eine Vorstellung von dem Betrage und dem Verlaufe dieser Deformationen lässt sich a priori durch synthetische Untersuchungen über den Einfluss gegebener Massen auf die Niveaufläche gewinnen. In dieser Weise hat Helmert (mit Verwendung eines von Bruns aufgestellten Theorems) durch Einführung eines besonderen Untersuchungsverfahrens (der Kondensation, das ist Massenverdichtung auf bestimmte Hilfsflächen) ein Bild theoretischer Geoid-Formen entworfen [3], B. 2, S. 266. Nach den Rechnungen Helmerts und anderer betragen die durch die Kontinentalmassen bedingten Ausbiegungen des Geoids gegenüber dem Sphäroid rund mehrere hundert Meter, die sekundären Ausbiegungen innerhalb der Kontinente entsprechend der sichtbaren und unsichtbaren Massenlagerung der Kruste selbst auf kürzeren Strecken mehrere Meter. Ganz allgemein kann man daher das Geoid auffassen als ein verjüngtes Abbild der sichtbaren und unsichtbaren Massen der physischen Oberfläche, wobei das Geoid zwar nicht Berge und Thäler zeigt, sondern nur Zu- und Abnahme der im allgemeinen nach der Ellipsoid-Gleichung verlaufenden Krümmung. Dabei können die lokalen Krümmungsradien auch bei nur schwach ausgeprägten Undulationen selbst innerhalb eng begrenzter Gebiete erheblichen Wechseln unterworfen sein, welche leicht einige Hundertel ihres Betrages erreichen können. Daraus ergeben

sich als weitere Folgerungen, dass auch die Lotlinien Kurven unbekannter Krümmung sind, die Lotrichtungen die Erdaxe nicht notwendig schneiden müssen, dass Geoid-Aequator, -Parallelen und -Meridiane, Kurven doppelter Krümmung sein werden.

Die Erde ist demnach nicht mehr aufzufassen als der in dem ersten Abschnitt betrachtete, einfach zu definirende mathematische Körper, Kugel oder Ellipsoid, sondern die die Erdgestalt im Sinne der heutigen Erdmessung repräsentirende Fläche, das Meeresspiegelgeoid, ist eine unregelmässig gestaltete Gleichgewichtsfläche. Die Aufgabe der Erdmessung ist es nun, auf Grund der Analyse der Erdfigur die Ergebnisse der auf das Ellipsoid bezogenen Gradmessungen einer Kritik zu unterziehen und, soweit erforderlich, besser den thatsächlichen Verhältnissen entsprechende Werte für das Normalsphäroid abzuleiten, sodann die Geoid-Formen zu bestimmen oder in allgemeiner Auffassung des Problems nach [4] Beiträge zur Aufstellung der Gleichung *W* der Kräftefunktionen zu liefern und weiterhin Aufschluss über die Massenanordnung in der Erdkruste zu geben.

Bei der Lösung dieser Aufgabe ist nach der obigen Definition zu beachten, dass die Messungspunkte der Gradmessungssysteme auf der physischen Erdoberfläche liegen, dass die durch die Punkte hindurchgehende Schar der Niveauflächen nach ihrem Bildungsgesetz, ihrer gegenseitigen Lage zu einander, sowie zum Geoid unbekannt sind, und dementsprechend auch die Richtung der Lote in den betreffenden Punkten. Es ist klar, dass wegen der Lage der in sich geschlossenen Gradmessungssysteme auf den Gipfeln oder Hängen der unbekannten Geoid-Fläche gar kein unmittelbarer Zusammenhang zwischen den Ergebnissen verschiedener Gradmessungen in der früher der Bestimmung der Erddimensionen zu Grunde gelegten Weise bestehen kann, dass die Resultate sich auf verschieden gekrümmte Flächenstücke beziehen, deren Lage zur Umdrehungsaxe ebenfalls unbekannt bleibt. Werden für die einzelnen in sich geschlossenen Gradmessungssysteme unabhängig von einander Ellipsoide so berechnet, dass sie sich den Messungen möglichst anpassen, so erhält man damit Ellipsoide verschiedener Dimensionen und Abplattung, die mit einander nichts gemein haben als die Parallelität ihrer Axen und mit der Erdaxe (innerhalb enger Grenzen). Werden endlich für alle Gradmessungen gleiche Dimensionen (a und b) für die Ellipsoide eingeführt, z. B. so, dass sie allen Messungen möglichst genügen, so erhält man damit doch keinen weiteren Zusammenhang für die Gradmessungssysteme, als dass sie in Bezug auf die ihnen entsprechende Richtung der kleinen Axe zur Umdrehungsaxe orientirt werden, der Abstand der Ellipsoidaxen unter einander, sowie vom Schwerpunkt der Erde bleibt unbestimmt. Selbst wenn über die ganze Erdoberfläche ein in sich geschlossenes Gradmessungssystem geschaffen (was unmöglich ist) und unter Berücksichtigung aller in Betracht kommenden Reduktionen berechnet würde, so könnte damit zwar ein einziges, allen Messungen möglichst entsprechendes Rechnungsellipsoid gewonnen werden; aber über die Lage des Erdschwerpunktes und der Erdaxe zu diesem geometrischen System wäre damit nichts bestimmt. Das kann auch durch Gradmessungen allein nicht geleistet werden, da gar kein Zusammenhang zwischen der nach geometrischen Grundsätzen bestimmten Ellipsoidaxe und der nach dynamischen Grundsätzen gelagerten Erdaxe besteht. Der erforderliche Zusammenhang kann nur durch eine in entsprechender Weise anzuordnende Kombination geometrischer und dynamischer Bestimmungen erzielt werden. Dementsprechend sind auch die von der modernen Erdmessung zur Lösung ihrer Aufgaben auszuführenden Messungen sowohl geometrischer als dynamischer Natur.

Die geometrischen Bestimmungen des Geoids. Die aus den Gradmessungen gewonnenen Resultate für das Ellipsoid, z. B. das von Bessel oder Clarke, werden als Vergleichsfiguren (Referenz-Ellipsoid) den Untersuchungen zu Grunde gelegt. Für irgend einen geeigneten Punkt der Gradmessungssysteme wird diese Vergleichsfigur in eine bestimmte Beziehung zur unbekannten Geoid-Fläche gebracht, z. B. dadurch, dass die Lotrichtung für das Rechnungsellipsoid mit der Punkt- bezw. Geoid-Lotrichtung zusammenfällt. Wird dann das Gradmessungssystem auf dem Ellipsoid nach Polhöhen φ, Längen λ und Azimuten α ausgewertet (s. Sphäroidische Triangulirung), indem aus den Dreieckswinkeln und Seiten die ellipsoidischen Polhöhen, Längen und Azimute, ausgehend von dem gewählten Zentralpunkt, berechnet werden, so werden infolge der Abweichungen des Geoids vom Ellipsoide die unmittelbar beobachteten Polhöhen, Längen und Azimute mit den ellipsoidisch berechneten nicht übereinStimmen. Es wird sich eine Störung in der Uebereinstimmung dieser Werte reigen. Diese Störung lässt sich ausdrücken durch die ihr entsprechende Abzeichung der Fläche nnormalen, d. h. der Ellipsoid-Normalen und der Lotsichtungen in den betreffenden Geoid-Punkten, also gewissermassen durch eine wtörung der Lotrichtung, d. i. „Lotstörung". (Diese Bezeichnung entspricht der durch gegebene Massen auftretenden Einwirkung auf die Lotrichtung). Diese „Lotabweichungen", welche, um sie bequem vergleichen und verzeichnen zu

können, in ihre den Meridianen und Parallelen entsprechenden Komponenten zerlegt werden, bieten dann ein Mittel, den Verlauf des Geoids im Vergleich zum Ellipsoid auszudrücken. Die Ermittelung dieser Lotabweichungskomponenten durch Vergleichung von unmittelbar beobachteten Polhöhen, geographischen Längenunterschieden und Azimuten, mit den aus den Gradmessungs-Triangulirungen berechneten Werten, wozu besondere Netzsysteme astronomisch-geodätischer Punkte angeordnet werden, macht einen besonderen Teil der Aufgaben der Erdmessung aus. Die Ergebnisse dieser Bestimmungen werden in Verzeichnissen zusammengestellt und in Karten graphisch zum Ausdruck gebracht. Sobald dann diese Lotabweichungsbestimmungen so ausgiebig für ein bestimmtes Gebiet vorliegen, dass sich ein regelmässiger Verlauf derselben zu erkennen gibt, so kann versucht werden, ein Bild vom Verlaufe des Geoids oder vielmehr der den Lotabweichungen entsprechenden Fläche zu entwerfen. Zu dem Zweck werden in bestimmten Zügen, z. B. in meridionaler Richtung, die meridionalen Lotabweichungskomponenten benützt. In einem solchen Meridianprofil entsprechen die Lotabweichungen den Richtungsunterschieden der Flächentangenten, so dass bei bekannten Entfernungen der Profilpunkte die Hebungen und Senkungen der Niveaufläche gegen das Ellipsoid als Horizont bestimmt werden können (unbekannt bleibt der absolute Wert der Ordinaten). Aus einem ganzen System derartiger Züge im Meridian, den Parallelen, und in beliebiger Richtung ergibt sich dann für eine Anzahl von Punkten der Verlauf der Abweichungsfläche (Geoid) zum Ellipsoid, der wie beim geometrischen Nivellement in Profilen oder durch Kurven gleichen Ellipsoidabstandes ausgedrückt werden kann.

Helmert empfiehlt zur schnellen Erlangung eines Aufschlusses über den Verlauf der geoidischen Abweichungen Züge in meridionaler Richtung mit kleinen Punktabständen (etwa 10 km), wobei sich die Lotabweichungen unmittelbar aus den Polhöhenabweichungen ergeben; s. Astronomisches Nivellement.

Nach diesem Verfahren hat die internationale Erdmessung ihre Untersuchungen begonnen; diese fortzuführen, weiter zu entwickeln und immer mehr ins Detail hineinzuführen, ist ihre Aufgabe für die nächsten Dezennien (s. auch Lotabweichung). Wenn dann ein entsprechend ausgedehntes Beobachtungsmaterial für Lotabweichungen gesammelt ist, so können weitere Aufgaben gelöst werden. Es kann ein besser entsprechendes Referenz-Ellipsoid für das betreffende Ellipsoidstück berechnet werden; es können die Triangulirungen der Landesvermessungen mit Rücksicht auf die geoidischen Lotabweichungen entsprechend reduzirt und ausgeglichen werden; und weiter können durch Diskussion der Ergebnisse von auf synthetischem Wege aus bekannten Massen berechneten Lotabweichungen und unmittelbar beobachteten Schlüsse auf Massenanomalien in der Erdkruste versucht werden, die besonders für die Geologie von Bedeutung sind.

Im allgemeinen hat sich bei dem bis jetzt vorliegenden Material gezeigt, dass einerseits einzelne Gebiete, in denen keine lokale Lotstörung durch äussere sichtbare Massen zu erwarten waren (z. B. in der Umgegend von Leipzig, Berlin, Moskau) sich solche zeigen, und andererseits wieder bei hohe Gebirge (Teile der Alpen, Kaukasus, Himalaya) überschreitenden Gradmessungssystemen die beobachteten Lotabweichungen den aus den äusseren Massen berechneten ihrem Betrage nach nicht entsprechen, so dass sich als Ergebnis dieser Diskussion findet, dass die eine dynamische Wirkung äussernden Massen kleiner sein müssen als die nach der Konfiguration der physischen Erdoberfläche und der Zusammensetzung (Dichte) der sichtbaren Kruste in die Rechnung eingeführten, dass also irgend welche, nicht näher zu bezeichnenden Massendefekte zu vermuten sind. Da weiterhin beobachtet worden ist, dass die Lotstörungen auch mit Störungen der magnetischen Richtkraft gemeinschaftlich auftreten (Moskau) und eine gemeinschaftliche Ursache zu vermuten ist, gehören auch die daraus sich ergebenden Untersuchungen zu den Aufgaben der Erdmessung.

Neben den erwähnten astronomisch-geometrischen Bestimmungsmethoden der geoidischen Abweichungen können auch rein geometrische Methoden zur Anwendung kommen, nämlich das trigonometrische und geometrische Nivellement [3], Bd. 2, S. 500; [4], S. 34, und zwar sowohl allein für sich als auch in Verbindung mit den astronomisch-geometrischen Gradmessungssystemen, wodurch eine hypothesenfreie Untersuchung der Geoidformen theoretisch möglich ist. Wegen der Refraktionsanomalien und der zur Zeit noch vorhandenen Schwierigkeiten ihrer Elimination können aber diese Untersuchungsmethoden nur für lokal sehr begrenzte Gebiete Verwendung finden.

Dynamische Bestimmungsmethode durch das Pendel. Die Bestimmung der Abplattung aus Pendelmessungen. Wie oben angegeben, drückt der Clairaut'sche Satz die Abplattung desjenigen Normalsphäroids aus, bei welchem für die Schwereverteilung die Beziehung $g = g_a\ (1 + \mathfrak{B} \sin^2 \varphi)$ zu Grunde gelegt ist. Sobald nun aus Pendelbeobachtungen in verschiedenen Breiten φ die Konstanten dieser Interpolationsformel für den Verlauf der Schwereintensität im Meeresspiegel bestimmt sind und damit die Pendelschwere am Aequator und Pol berechnet ist, ergibt sich nach der Clairaut'schen Formel der Abplattungswert $(a - b) : a$. Eine solche Bestimmung hat Helmert [3], Bd. 2, S. 241, unter sorgfältiger Diskussion und Reduktion des Beobachtungsmaterials nach der von ihm entwickelten Kondensationstheorie ausgeführt und den Wert 1 : 299,26, also in naher Uebereinstimmung mit dem Wert von Bessel (und auch Clarke) erhalten. Dabei besteht aber wegen der unregelmässigen Konstitution des Erdkörpers und der geoidischen Abweichungen kein unmittelbarer Zusammenhang zwischen dem geometrisch-astronomischen Wert und diesem nach dynamischen Sätzen gewonnenen. Trotzdem scheint die früher als unmöglich [23] bezeichnete Aussicht nicht unbegründet zu sein, dass, je mehr unsere Kenntnis vom Geoid und der Erdkruste sowie das Beobachtungsmaterial sich erweitert, die beiden einander fremdartigen Methoden innerhalb gewisser Grenzen in Uebereinstimmung kommen werden. Die dynamische Bestimmung der Abplattung hat wegen der leichteren Ausbreitung und passenderen Verteilung der Pendelmessungen über die Erde einen Vorzug vor derjenigen aus Gradmessungen, welche in ihrer Anordnung beschränkt sind, dagegen allein die Bestimmung der Dimensionen leisten können. Ganz unabhängig von den bisher erwähnten Methoden kann auch ein Wert für die Abplattung auf rein astronomischem Wege, nämlich durch Bestimmung der Mondparallaxen, gefunden werden; diese Methode kann aber im wesentlichen nur zu einer Bestätigung der aus den Pendel- und Gradmessungen gewonnenen Ergebnissen dienen, während die theoretisch mögliche Untersuchung der geoidischen Deformationen durch Mondortbestimmungen schwerlich Aussicht auf Erfolg hat [24], [3], Bd. 2, S. 450.

Bei der Auswertung der bisher ausgeführten Pendelbeobachtungen haben sich Abweichungen gezeigt, welche einen gewissen systematischen Charakter verraten. Es erscheint nämlich die mit allen in Betracht kommenden Reduktionen versehene, in der Meeres-Niveaufläche gerechnete Schwere gegenüber der ihrer theoretischen Beziehung entsprechenden derart gestört, dass die Intensität auf dem Festlande im allgemeinen kleiner als an den Küsten, und hier wieder kleiner als auf den isolirten ozeanischen Inseln sich bestimmt. Da nun (vergl. oben) auch aus den Ergebnissen der Lotabweichungsbestimmungen die Wirkungen der sichtbaren Gebirgsmassen teilweise durch unterirdische Defekte kompensirt erscheinen, so liegt der Analogieschluss nahe, dass in ähnlicher Weise die Kontinente gewissermassen leichtere Schollen der Erdkruste als die den Meeresboden bildenden Schichten sein könnten, oder in hypothetischer Form ausgedrückt: durch irgend welche geologischen Prozesse sind die Kontinentschollen aufgelockert und die Meeresböden verdichtet worden (wegen der grossen Bedeutung, welche diese Ergebnisse der Erdmessung für die Geologie haben, ist eine Vereinigung der geodätischen und geologischen Forschung für erforderlich gehalten [2], von 1895, S. 27, und ins Werk gesetzt worden). Zur weiteren Untersuchung dieser Hypothese sind vor allen Dingen ausgedehntere Schwerebestimmungen notwendig, als sie zurzeit vorliegen; daher sind dieselben auch in erster Linie in den Arbeitsplan der internationalen Erdmessung aufgenommen. Von ganz besonderer Wichtigkeit würden auch Bestimmungen der Schwere auf dem Meere sein. Es steht in Aussicht, dass diese Messungen durch Interpolationsinstrumente im Laufe der Zeit möglich werden; zunächst ist das von Siemens für Tiefseemessungen bestimmte Bathometer [25], eine Art Quecksilber-Federwage, in Vorschlag gebracht. Es würde durch ein derartiges Instrument eine wesentliche Bereicherung des Beobachtungsmateriales und unserer Kenntnis von der Erdfigur und Erdkruste zu erwarten sein. — In ähnlicher Weise wie für dieses weit ausgreifende Studium des Geoids lässt sich das Pendel auch für lokale Untersuchungen der Schwereverteilung verwenden und zwar durch Bestimmung relativer Abweichungen der Pendelschwere besonders im Gebirge (vergl. Pendelbeobachtung, Schweremessung).

Eine besondere Verwendung finden die Pendelbeobachtungen in Verbindung mit dem geometrischen Nivellement zur Untersuchung der durch den Meeresspiegel ausgedrückten Niveaufläche, also gewissermassen zu der Prüfung, in wie weit die von ozeanischen Bewegungen befreite Meeresoberfläche (das sogen. Mittelwasser) nivellirt. Diese Frage, zunächst in technischer Hinsicht von Wichtigkeit für die Bestimmung des Rechnungshorizontes für die Höhenmessungen, führt weiter zu der wichtigen Untersuchung, ob und um welche

Beträge innerhalb bestimmter Zeiträume die Eintauchungslinien der Kontinentalküsten sich ändern (über die Ableitung der Gleichgewichtslage s. Meeresfläche). — Alle die im vorstehenden kurz angedeuteten Aufgaben, sowie die daraus sich weiterhin ergebenden Untersuchungen werden nach dem Arbeitsprogramm der internationalen Erdmessung schrittweise ihrer Lösung entgegengeführt, worüber in den laufenden Publikationen der Erdmessung [2] jährlich berichtet wird.

Litteratur: Eine Litteraturangabe für die verschiedenen Epochen der Erdmessung ist hier unmöglich. Es sollen daher nur einige Handbücher genannt werden mit dem Bemerken, dass in denselben die für weitere spezielle Studien erforderliche Litteratur ausreichend verzeichnet ist. — Eine erschöpfende Zusammenstellung der gesamten internationalen Litteratur gibt das Werk [1] Internationale Erdmessung, geodätische Litteratur, zuletzt von 1889 (zusammengestellt von Börsch, Berlin 1889). — Ueber die Arbeiten der internationalen Vereinigung geben die zuverlässigste Auskunft die jährlich erscheinenden [2] Protokolle, Verhandlungen der Sitzungen der Generalkonferenzen und der permanenten Kommission der internationalen Erdmessung, sowie die Veröffentlichungen des königl. preussischen geodätischen Institutes und Zentralbureaus der internationalen Erdmessung, Verlag bei Reimer in Berlin bezw. Stankiewicz in Berlin. — Die umfassendste Darstellung der Probleme der Erdmessung, welche für jedes spezielle Studium grundlegend sein muss, liefert das Werk [3] Helmert, Die mathematischen und physikalischen Theorien der höheren Geodäsie, Bd. 1, Die mathematischen Theorien, Leipzig 1880; Bd. 2, Die physikalischen Theorien, Leipzig 1884. — Eine wertvolle und scharfe Diskussion des Problems gibt [4] Bruns, Die Figur der Erde, Berlin 1878. Für ein erstes Studium und eine allgemeine Orientirung über das Problem und seine Geschichte sind besonders auch der zahlreichen Angaben in historischer Beziehung wegen geeignet: [5] Günther, Handbuch der mathematischen Geographie, Stuttgart 1890. — [6] Ders., Lehrbuch der Geophysik, Stuttgart 1884—85. — [7] Martus, Astronomische Geographie, Leipzig 1880. — [8] Wolf, Handbuch der Astronomie, 2 Bde., Zürich 1890—92. — [9] Wolf, Geschichte der Astronomie, München 1877. — [10] Epstein, Geonomie, Wien 1888, und auch [11] Sadebeck, Der Entwicklungsgang der Gradmessungsarbeiten, Berlin 1876. — Für die Technik der Grad- und Erdmessung, die mathematischen Theorien und Rechnungsvorschriften kommen besonders in Betracht als Lehrbücher [12] Clarke, Geodesy, Oxford 1880. — [13] Jordan, Handbuch der Vermessungskunde, Stuttgart 1895, Bd. 1, Kap. 5 und Bd. 3 (besonders mit zahlreichen Angaben für die Originallitteratur ausgestattet), sowie auch [14] Zachariae, Die geodätischen Hauptpunkte (Deutsch von Lamp), Berlin 1878, und als ein älteres Lehrbuch [15] Fischer, Lehrbuch der höheren Geodäsie, Darmstadt 1845—46. — Für die Geschichte der Beobachtungstechnik ist zu erwähnen [16] Westphal, Geodätische und astronomische Instrumente zur Zeit des Beginnes exakter Gradmessungen, Zeitschr. für Instr., 1884, S. 152. — Einige spezielle Litteraturangaben finden sich bei den Art.: Basismessung, Lotabweichnung, Pendel- und Schweremessung, Triangulirung, Bestimmung von Polhöhen und Längendifferenzen. — Spezielle Verweise im obigen Artikel beziehen sich auf: [17] Gauss, C. F., Astronom. Nachr., 1823, Nr. 7 und 24, oder Gauss' Werke, Sammelwerk in 7 Bdn., Göttingen 1863—74. — [18] Bessel u. Baeyer, Gradmessung in Ostpreussen, Berlin 1838. — [19] Bessel, Astronom. Nachr., Nr. 14, S. 333, 349, 381 und Nr. 19, S. 97. — [20] Listing, Ueber unsere jetzige Kenntnis der Gestalt und Grösse der Erde, Göttingen 1873, und „Neue geometrische und dynamische Konstanten des Erdkörpers, Göttinger Nachr. 1877. — [21] Helmert, Bericht über Lotablenkungen in den Verh. der Perm. Kom. d. intern. Erdm., Berlin 1888. — [22] Astronom. Nachr., 1837, Nr. 14, S. 269. — [23] Fischer, Untersuchungen über Gestalt und Grösse der Erde, Darmstadt 1868. — [24] Bischof, Das Geoid, München 1889. — [25] Dinglers polytechn. Journal, Bd. 221, S. 43.
Reinhertz.

Erde, böhmische, s. Grüne Erde.

Erde, Veroneser, s. Grüne Erde.

Erdfälle (Schlipfe) werden Einbrüche des Bodens oder Untergrundes von trichter- oder kesselartiger Form genannt. Sie entstehen dadurch, dass die Decke von unterirdischen Hohlräumen in sich zusammenbricht und in den Hohlraum hineinstürzt. Solche Hohlräume im Untergrund entstehen da, wo dieser Gips, Kalkstein, Dolomit, Steinsalz führt, welche durch Wasser gelöst und fortgeführt werden. Demnach trifft man Erdfälle besonders in gips- und salzreichen Keupergebieten, im Röt-, im Zechstein Mitteldeutschlands, im Kalksteingebirge von Krain, Kroatien, Departement des Doubs, der Haute-Saône und im Jura u. s. w. Ein grosser Teil der Erdfälle füllt sich als abflussloses Becken mit Wasser und wird zu Teichen.
Leppla.

Erdfarben, in der Natur sehr häufig, wenn auch nicht immer von solcher Beschaffenheit, dass sich ihre Ausbeute lohnen würde, fertig gebildet vorkommende, meistens in Gruben, selten bergmännisch gewonnene Farbkörper, die in allen Fällen, ehe sie angewendet werden können, noch besonderen Zubereitungen, wie Mahlen, Sieben, Schlämmen, Glühen u. s. w. unterworfen werden müssen, damit

sie brauchbare Farbkörper liefern. Es gibt weisse, gelbe, braune, rote, grüne, blaue und schwarze Erdfarben, die in den meisten Fällen aus mehr oder weniger mit anderen mineralischen Substanzen vermischten Metalloxyden bestehen, wohl auch organische Zersetzungsprodukte, reiner Kohlenstoff oder endlich, wie alle weissen Erdfarben, Verbindungen von Erdalkalien sind.

Weisse Erdfarben: Alle Kreidearten unter den verschiedensten Benennungen (s. Kreide), aus kohlensaurem Kalk bestehend; Wienerweiss, Perlweiss, Wienerkalk, Putzkalk, aus kohlensaurem Kalk bestehend; alle Thone von weisser Farbe, wie Pfeifenthon, Kölnererde, weisse Erde, aus basisch kohlensaurem Kalk bestehend; Talkerde, Venetianererde, spanische Kreide, Glanzweiss, Federweiss, Schminkweiss, Schieferweiss, Venetianerweiss (letztere beiden Namen führen auch Bleiweissfarben), aus kieselsaurer Magnesia bestehend; ferner zählen zu den weissen Erdfarben noch Knochenasche (Knochenerde, Beinasche, Elfenbeinweiss, präparirtes Weiss), also phosphorsaurer Kalk und Schwerspat. — Gelbe Erdfarben: Alle Ockerarten (s. d.), als Eisenoxydhydrat mit wechselnden Beimengungen von Eisenoxyd, Thon, Kalk, kieselsaurem Eisenoxyd, basisch-schwefelsaurem Eisenoxyd, ferner Gelberde, Tünchgelb, gelber Thon als Gemenge von kieselsaurem Eisenoxyd mit Thonerde. — Rothe Erdfarben: Bolus als Eisenoxyd mit Thonerde und Kieselsäure, Englischrot, Eisenmennige, Eisenrot als mehr oder weniger reine oder mit Thonerde, Kalk u. s. w. vermengte Eisenoxyde. Hierher wird auch das Caput mortuum (s. Eisenrot) gezählt und die gebrannten Ocker, die durch Glühen eine rote Farbe annehmen. — Braune Erdfarben: Terra di Siena, Satinober, Mahagonibraun als Eisenoxyd, Eisenoxydhydrat, kieselsaures Eisenoxyd; alle Umbrasorten als kieselsaures Eisenoxyd mit Thonerde; Kölnische Umbra, Casselerbraun, Kesselbraun als organische Zersetzungsprodukte (Braunkohle); Asphaltbraun, Bitumen (aus Asphalt künstlich gewonnen) und endlich Bister aus Glanzruss. — Grüne Erdfarben: Grüne Erde als Eisenoxydul mit Kieselerde, Thonerde, Kalk u. s. w., meist sehr unrein und von nur schwach grüner Farbe; Berggrün, Malachitgrün, Kupfergrün, Mineralgrün, Tiroler Grün, maurisches Grün, Schiefergrün als kohlensaures Kupferoxyd, mehr oder weniger rein. — Blaue Erdfarben: Bergblau, Kupferlasur, Mineralblau, Kupferblau, Hamburgerblau, Englischblau als kohlensaures Kupferoxyd; Blauer Ocker, Titianit, Eisenblau, natürliches Berlinerblau als phosphorsaures Eisenoxyd. Lasurblau aus Lasurstein (Lapis lazuli) kommt nicht in Betracht, weil dieses Material zu selten vorkommt und viel zu teuer ist. — Schwarze Erdfarben: Graphit als Kohlenstoff; schwarze Kreide, Schieferschwarz, spanische Kreide, Zeichenschiefer als Thonschiefer. — Graue Erdfarben kommen nicht vor; die Zinkblenden, sowie sogen. Metallgrau sind gepochte und gemahlene Erze und was als solche in den Handel gebracht wird, nur Mischungen von Kreide mit schwarzen, gelben u. s. w. Erdfarben.

Der Wert der Erdfarben ist von ihrer Feinheit, dem Feuer und der Deckkraft in hohem Masse abhängig und richtet sich der Preis derselben naturgemäss nach diesen Eigenschaften, sowie auch darnach, ob die betreffende Erdfarbe schon am Gewinnungsorte in einem solchen Zustande sich findet, dass sie nur eines kleinen Aufwandes an Zeit und Arbeit bedarf, um in verkaufsfähiges Produkt umgewandelt zu werden, oder eines bedeutenden, wodurch sich der Preis so erhöht, dass die Verarbeitung nicht lohnend erscheint. Geschönte Erdfarben werden, um Farbenton und Feuer zu erhöhen, mit Teerfarbstofflösungen gefärbt und getrocknet, oder aber mit chemischen Farben, z. B. Ocker mit Chromgelb oder Chromorange vermischt; letztere sind lichtbeständig, erstere nicht.

Andés.

Erdgrün, s. Grüne Erde und Scheel'sches Grün.

Erdharz (Erdpech), s. Asphalt.

Erdhaue, s. v. w. Breithaue.

Erdkappen kommen im Hochbauwesen zur Anwendung: 1. Wenn ein Gebäude auf einer Bodenschicht gegründet wird, welche die wirksamen Drücke nicht mit Sicherheit aufnehmen kann; alsdann werden zwischen den, die Souterrainräume begrenzenden Mauern, zwischen den etwa vorhandenen Pfeilern (s. auch Pfeilergründung) etc. umgekehrte Gewölbe eingespannt. Diese sind entweder umgekehrte Kappengewölbe oder auch sphärische Gewölbe. 2. Wenn in den Kellerräumen eines Gebäudes starker Grundwasserandrang zu befürchten ist; solche Erdkappen erhalten zweckmässigerweise an der Unterseite eine Asphaltlage.

Schmitt-Darmstadt.

Erdkasten, s. Strassenbau.

Erdkegel, ein aus Erde hergestellter Böschungskegel (s. d.).

Erdkloset, vergl. Bedürfnisanstalten (Bd. 2, S. 165 ff.).

Erdkobalt, roter, s. Kobaltblüte.

Erdkobalt, schwarzer, s. Kobaltmanganerz.

Erdkruste oder Erdrinde bezeichnet die äussere feste Hülle der Erde, also die Gesamtheit der sichtbaren Erdschichten, im Gegensatz zu einem vermeintlich flüssigen oder gar gasförmigen Erdinnern. Als Erstarrungs-

kruste der Erde werden diejenigen ältesten Gesteinsbildungen von manchen Geologen angesehen, welche beim Erkalten die erste feste Hülle der im Innern noch flüssigen Erde bildeten, so die kristallinen Schiefer (Gneiss, Glimmerschiefer). *Leppla.*

Erdleitung, s. Telegraph.

Erdmassenberechnung hat die Aufgabe, die Grösse des Kubikinhaltes der erforderlichen Abtrags- und Auftragsmassen im Zuge einer zu bauenden Eisenbahn- oder Strassenlinie festzustellen, um darnach die Massenverteilung vornehmen und die Kosten für die Erdbewegungen berechnen zu können. Hierbei handelt es sich stets um Damm- oder Einschnittskörper, die zwischen zwei vertikalen, in bestimmten Abständen senkrecht zur Axe anzuordnenden Querprofil-Ebenen F_1 und F_2 liegen und welche sich, wie die Fig. 1—4, für Abtrags- sowohl wie Auftragsstrecken zeigen, in Prismen, Pyramiden, Keilstücke u. s. w. zerlegen lassen, die als solche berechnet werden können. Bei dem in Fig. 2 dargestellten Dammteil besteht der Auftragskörper aus zwei abgestumpften Pyramiden und einem prismatoidischen Mittelkörper [2], S. 31; auf der rechten Seite ist die abgestumpfte Pyramide *abcdef* eingezeichnet und strichpunktirt zur vollen Pyramide ergänzt. Schneidet ein Strassenkörper zum Teil in das Gelände ein (Fig. 4), so wird der aufzuschüttende, sowie der abzutragende Teil gesondert als Auftrag bezw. als Abtrag zu berechnen sein und können diese Teile entsprechend zerlegt werden. Ebenso liessen sich in Fig. 3 aus dem Abtragskörper an den Seiten abgestumpfte Pyramiden, ferner je ein vierseitiges Prisma und ein grösseres mittleres Prisma herausschneiden. Bildet sich ein Uebergang vom Auftrag zum Abtrag (Fig. 1), so wird bis zur „Auskeilungslinie“ *gh* der Auftrag aus den beiden Pyramiden *abeg* und *cfdh* und dem Keilstück *bcefgh*, der Abtrag aus dem Keilstück *mnoqik*, den beiden Pyramiden *lmni* und *opqk*, sowie dem beidseitigen Grabenaushub bestehen. In dieser etwas mühsamen Weise geschieht jedoch die Ausrechnung in den seltensten Fällen. Gewöhnlich begnügt man sich damit, für die zwischen den Hauptprofilen F_1 und F_2 befindliche Erdmasse den Kubikinhalt aus der mittleren Fläche $\frac{F_1 + F_2}{2}$ und dem Abstande l der beiden Profilflächen zu berechnen, so dass

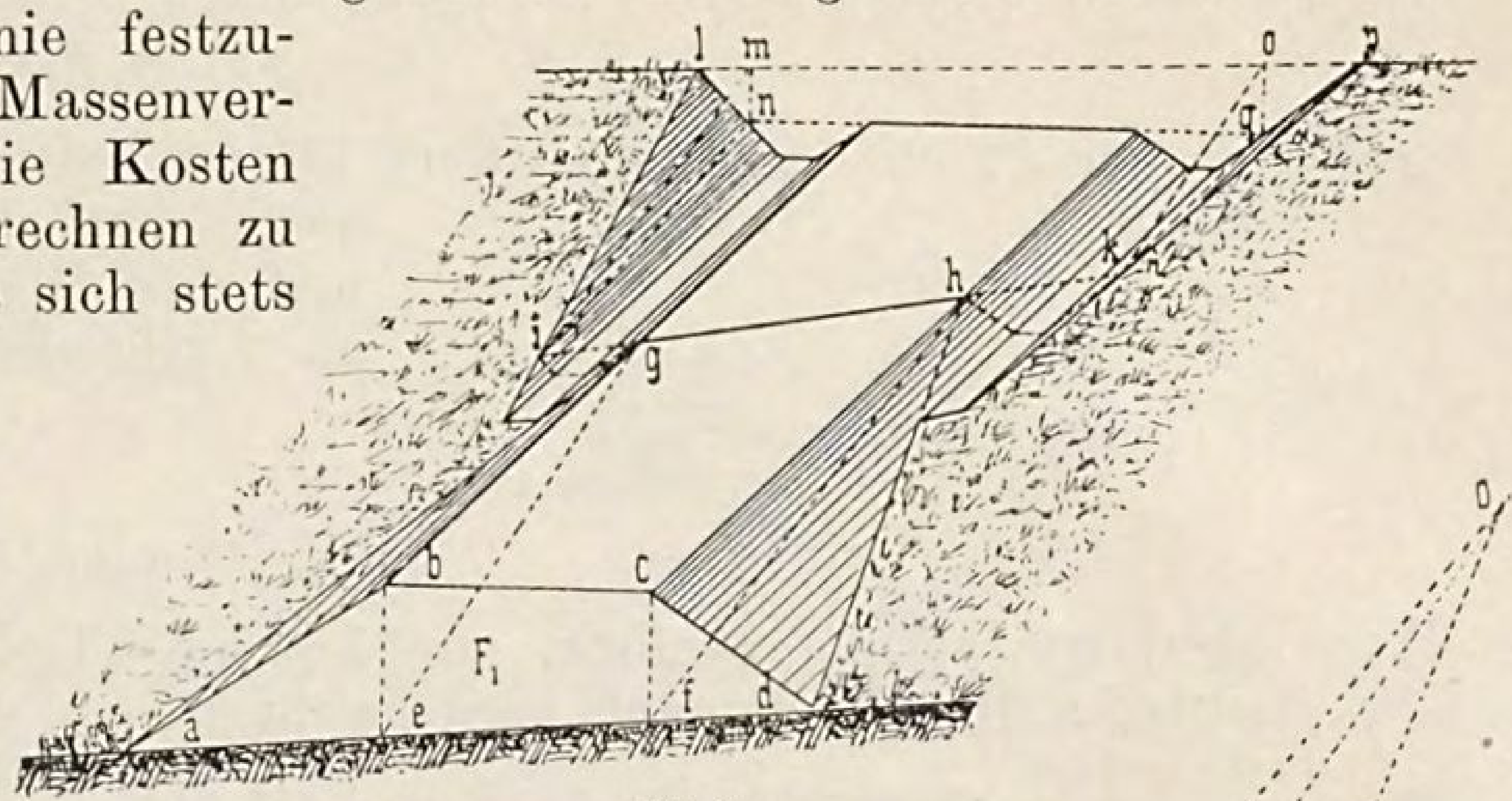


Fig. 1.

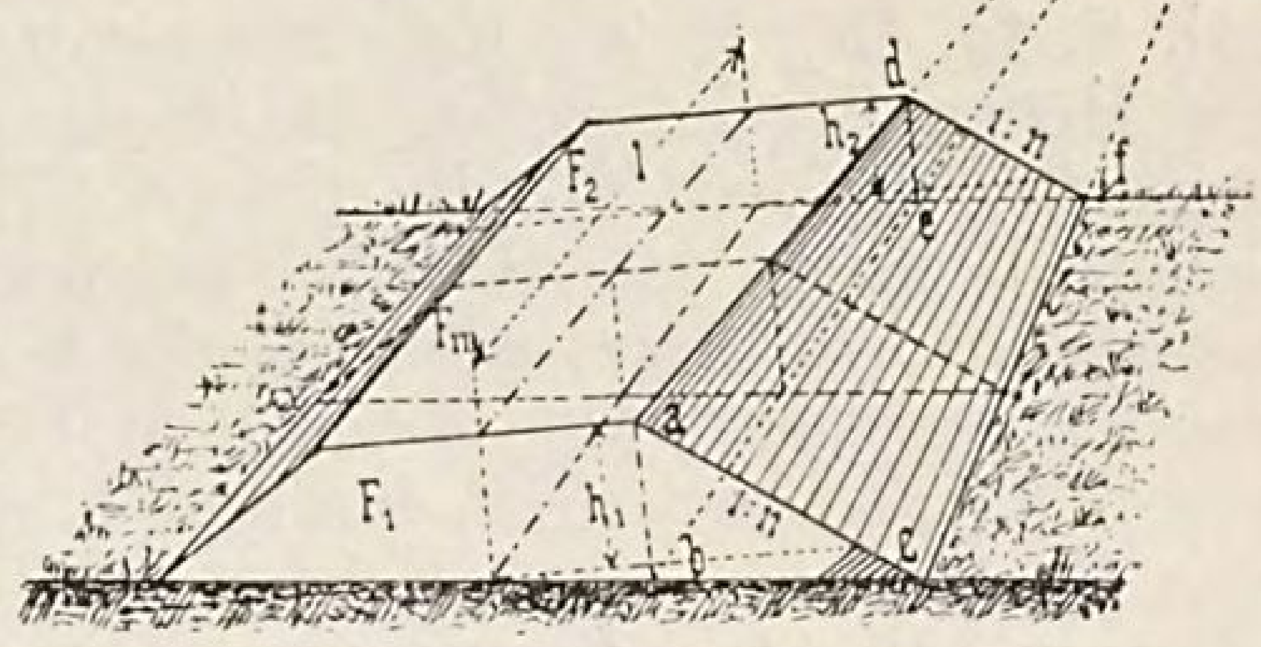


Fig. 2.

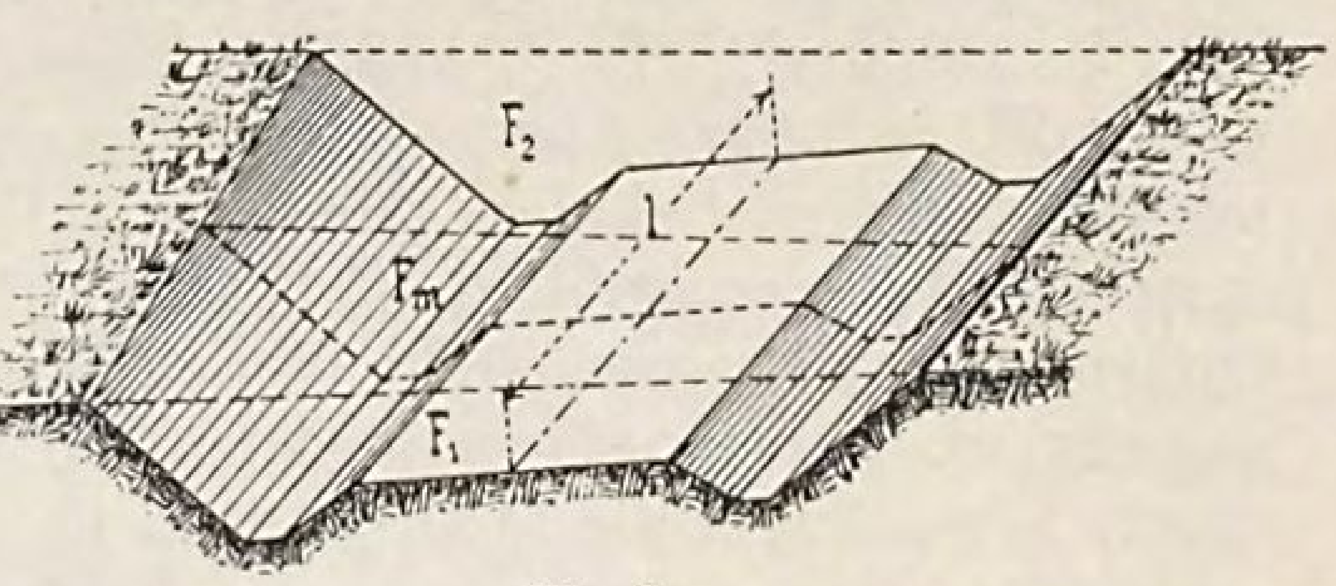


Fig. 3.

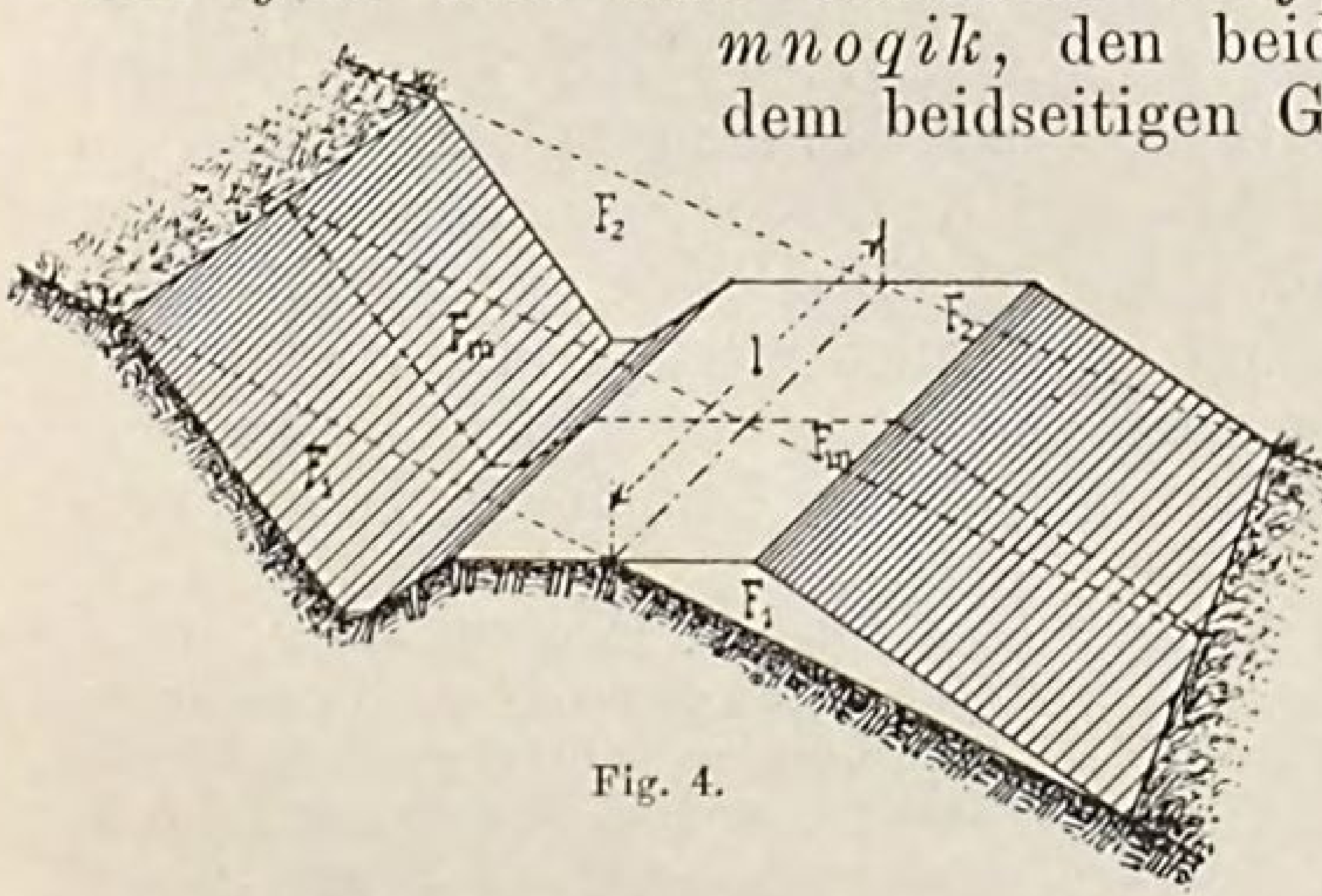


Fig. 4.

$$V = \frac{F_1 + F_2}{2} l. \qquad 1.$$

Diese in der Praxis allgemein übliche Berechnungsweise wird die „mittlere Profilrechnung“ genannt. Dabei können die Flächeninhalte der Querprofile auf einfach rechnerischem Wege oder mit Hilfe von Tabellen [5], S. 118, [8], S. 5,

mittelst des Flächenmassstabes [5], S. 119, [8], S. 6, [9], S. 173, oder auf graphischem Wege [1], S. 26, [8], S. 8, ermittelt werden. Bei den Uebergangsstellen vom Auftrag zum Abtrag (Fig. 1) sind Zwischenprofile einzuschalten, damit man den Auftrag und Abtrag gesondert erhält, da sich sonst beträchtliche Fehler einstellen würden. Richtiger wäre es, für die Erdkörper der Fig. 2—4 die Form von Prismatoiden anzunehmen [4], S. 71, als deren Inhalt sich:

$$V = \frac{l}{6}(F_1 + 4F_m + F_2) \qquad 2.$$

ergibt, wobei F_m die richtige mittlere Fläche bedeutet. Diese Formel lässt sich, wenn man die Höhen h_1 und h_2 (Fig. 2) und das Böschungsverhältnis n einführt, auch schreiben:

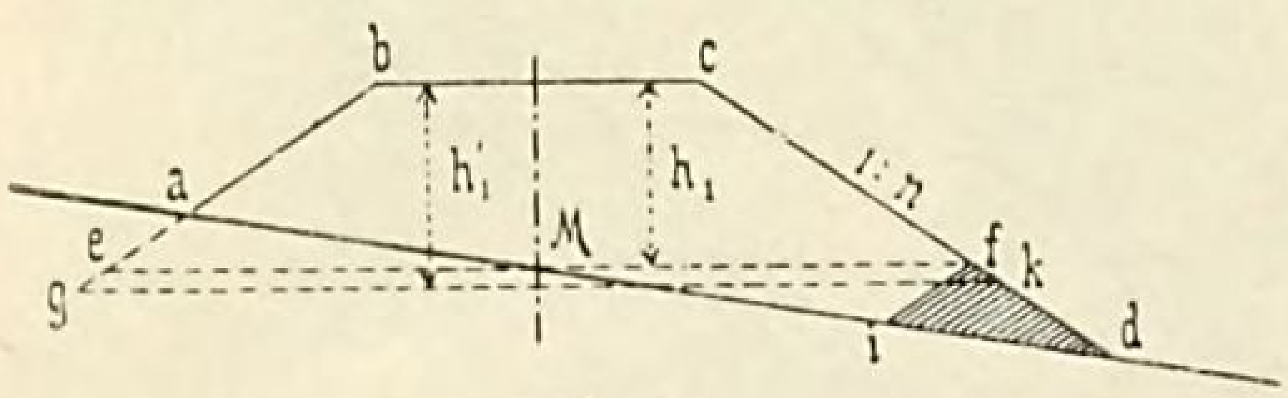


Fig. 5.

$$V = \frac{F_1 + F_2}{2}\, l - \frac{n\, l\,(h_1 - h_2)^2}{6} \qquad 3.$$

$$\text{oder } V = F_m\, l + \frac{n\, l\,(h_1 - h_2)^2}{12}. \qquad 4.$$

Wird also, wie vorhin erwähnt, nur der erste Teil der Formeln 3. und 4. bei der „mittleren Profilrechnung" berücksichtigt, so erhält man im ersteren Fall um $\frac{n\, l\,(h_1 - h_2)^2}{6}$ zu grosse, im zweiten Fall um $\frac{n\, l\,(h_1 - h_2)^2}{12}$ zu kleine Erdmassen [6], S. 15, [8], S. 9. Ferner wird bei geneigter Bodenfläche durch Einführung der Höhen h_1 und h_2 für die Flächenberechnung, für jede Fläche ein Fehler gemacht, der sich für die Fläche F_1 (Fig. 5) in dem schraffirten Dreieck *ifd* kenntlich macht [9], S. 169, welches auch in Fig. 2 eingetragen wurde. Es müsste also h_1 etwas grösser, gleich h_1' (Fig. 5) angenommen werden, so dass der Trapezinhalt *efgk* gleich dem Dreieckinhalt *ifd* wird. Um die Erdmassenberechnung systematisch durchzuführen, trägt man am besten die Abmessungen der Hauptprofile, ihre Flächeninhalte und Abstände, die Flächeninhalte der mittleren Profile, die Neigung der Böschungen u. s. w. in Tabellenform auf, so dass auch die Ergebnisse der Massenberechnung übersichtlich angeordnet erscheinen und sich leicht summiren lassen. Die Einrichtung einer solchen Tabelle kann je nach der Art der Berechnung, nach dem Genauigkeitsgrade, der angestrebt wird u. s. w., sehr verschieden sein. Vorbilder finden sich in [8], S. 10, und [9], S. 175. — Eine zweite Art der Massenberechnung besteht in der Flächenberechnung oder „Planimetrirung" [5], S. 122, des sogen. „Flächenprofils", wie es bei dem Massennivellement [1], S. 65, hergestellt wird, indem man im Längenprofil den Flächeninhalt des jeder Ordinate entsprechenden Querprofils in einem beliebigen Massstabe auf dieser Ordinate positiv oder negativ, d. h. von einer horizontalen Linie aus nach oben oder nach unten aufträgt, je nachdem die Querprofilfläche einer Auftrag- oder Abtragmasse entspricht und dann die so gewonnenen Endpunkte durch eine Kurve verbindet. Die zwischen der Kurve und der Horizontalen liegende Fläche ergibt den Kubikinhalt des betreffenden Erdkörpers und kann durch Umfahren mit dem Planimeter oder auf sonstigem Wege festgestellt werden [7], S. 27, [8], S. 7. — Endlich kann direkt aus dem Längenprofil mit Hilfe des Momentanplanimeters von Amsler (Integrator) der Kubikinhalt der Ab- und Aufträge entnommen werden [4], S. 87, [5], S. 122, [3]. Dies ist wohl der kürzeste Weg zur Feststellung der Erdmassen, da das Längenprofil ohnehin gezeichnet werden muss, erfordert aber den Besitz des erwähnten Instrumentes und steht bezüglich seiner Genauigkeit den übrigen Methoden nach, eignet sich daher hauptsächlich für vorläufige Ueberschlagsrechnungen.

Litteratur: [1] Culmann, Die graphische Statik, Zürich 1866, S. 26 u. 54. — [2] Henz, Praktische Anleitung zum Erdbau, 3. Aufl., Berlin 1874, S. 29. — [3] Amsler-Laffen, Anwendung des Integrators zur Erdmassenberechnung, Zürich 1875. — [4] Winkler, Vorträge über Eisenbahnbau, Heft 5, 3. Aufl., Prag 1877, S. 71 u. 87. — [5] Handb. d. Ing.-Wissensch., Bd. 1, Abt. 1, Leipzig 1883, S. 118. — [6] Zwicky, Zur Erdmassenberechnung bei Strassen- und Eisenbahnbauten, Schweiz. Bauztg, 1890, S. 14. — [7] Goering, Massenermittelung, Massenverteilung etc., 2. Aufl., Berlin 1890. — [8] Barkhausen, Handb. d. Bauk., Abt. 3, Heft 4 Leipzig 1892, S. 5. — [9] Löwe, Strassenbaukunde, Wiesbaden 1895, S. 165. *L. v. Willmann.*

Erdmassentransport, s. Bodentransport und Erdtransportwagen.

Erdnussöl (Arachisöl), das Oel aus dem Samen von Arachis hypogaea *L.*, einer Leguminose, ist etwas dünnflüssiger als Olivenöl und enthält die Glyceride der Oelsäure, der Palmitinsäure, der Hypogaeasäure, der Arachinsäure und vielleicht noch anderer Säuren.

Die Samen werden dreimal gepresst. Das feinste kaltgeschlagene Oel hat ein spezifisches Gewicht von 0,916 bei 15° C.; das spezifische Gewicht der Nachlauföle ist höher und steigt bis 0,920. Das Erdnussöl gehört zu den nicht trocknenden Oelen, ist ziemlich haltbar und wird nicht so leicht ranzig. Der Einwirkung der Kälte ausgesetzt, gerinnt es wie das Olivenöl bei einigen Graden über 0; es erstarrt bei —3—4° C. und wird erst bei —7° C. ganz fest. — Das Oel der beiden ersten Pressungen wird jetzt vielfach bei der Kunstbutterfabrikation verwendet, auch dient es häufig zum Verfälschen des Olivenöles. Die Oele der zweiten und dritten Pressung finden in der Seifenfabrikation ausgedehnte Verwendung. Zusätze von Erdnussöl zu anderen Oelen lassen sich durch den Gehalt desselben an Arachinsäure erkennen. Verseift man ein verdächtiges Oel, scheidet die Fettsäure mit Salzsäure ab und löst dieselben in kochendem Alkohol, so scheidet sich beim Erkalten die Arachinsäure in perlmutterglänzenden Kristallen ab. *Deite.*

Erdöl, s. Petroleum und Brennstoffe, Bd. 2, S. 681.

Erdölfackel, s. Beleuchtung der Brandstätte.

Erdölmotoren, s. Gasmaschinen.

Erdöl, rohes, s. Mineralöle.

Erdpech, s. Asphalt.

Erdquader, Erdpatzen, aus Dammerde geformte Mauersteine. Die lockere Erdmasse wird schichtweise in Formen gestampft oder durch Schrauben bis auf halbe Höhe zusammengepresst. Verwendung wie Lehmsteine (s. d.).

Erdrutsche, s. Bergrutsche.

Erdsappe im Festungskrieg, s. unter Festungsbau.

Erdschellack, s. Akaroidharz.

Erdschlipfe, vgl. Bergrutsche.

Erdstein, s. Bernstein.

Erdstrassen sind Verkehrswege ohne jede Befestigung ihrer Oberfläche, wie sie in unkultivirten Gegenden, z. B. in den Steppen Südrusslands, noch jetzt vorkommen und die, je nach der Bodenbeschaffenheit, bei trockenem Wetter den Fuhrwerken ein mehr oder weniger gutes Fortkommen gestatten, in der nassen Jahreszeit jedoch unfahrbar werden, da die Zugtiere und die Räder zu tief einsinken. Neben der befestigten Fahrbahn der Chausseen werden im Flachlande vielfach Erdstrassen als Sommerwege (s. d.) angelegt; siehe auch Strassenbau. *L. v. Willmann.*

Erdtransportwagen besonderer Konstruktion gegenüber dem Schubkarren, Hand- und Pferdekippkarren werden bei bedeutenderen Erdtransporten, durch welche ihre Anschaffung gerechtfertigt ist, verwendet. Dieselben haben sich aus den im Bergbau benützten sogen. „Hunden“ und aus den schon in den ersten Anfängen der Eisenbahnen gebrauchten einfachen Eisenbahnwagen entwickelt. Sie bedingen das Vorhandensein von Schienen und sind sowohl als Wagen mit festen Kästen als auch als Kippwagen der verschiedensten Art zur Verwendung gekommen. Je einfacher und dauerhafter ihre Konstruktion ist, um so besser bewähren sie sich. Damit die Wagen scharfe Kurven leicht durchlaufen können, muss der Radabstand möglichst gering und der Raddurchmesser von mässiger Grösse sein. Dagegen ist der Kasten möglichst gross, etwa 2 cbm fassend, anzunehmen, wobei jedoch die Oberkante desselben nicht mehr als 1,6 m über der Schiene liegen sollte, weil eine grössere Höhe das Einladen erschwert. Die Wagen mit festen Kästen, sogen. „Lowry“, gestatten die Anbringung von Federn, nützen also die Schienen in geringerem Grade ab und lassen eine gleichmässige Verteilung der Last auf alle 4 Räder zu; dagegen ist ihre Entleerung eine verhältnismässig langsame, selbst wenn, wie bei den von der Oesterreichischen Südbahn [1] verwendeten Lowrys der Boden

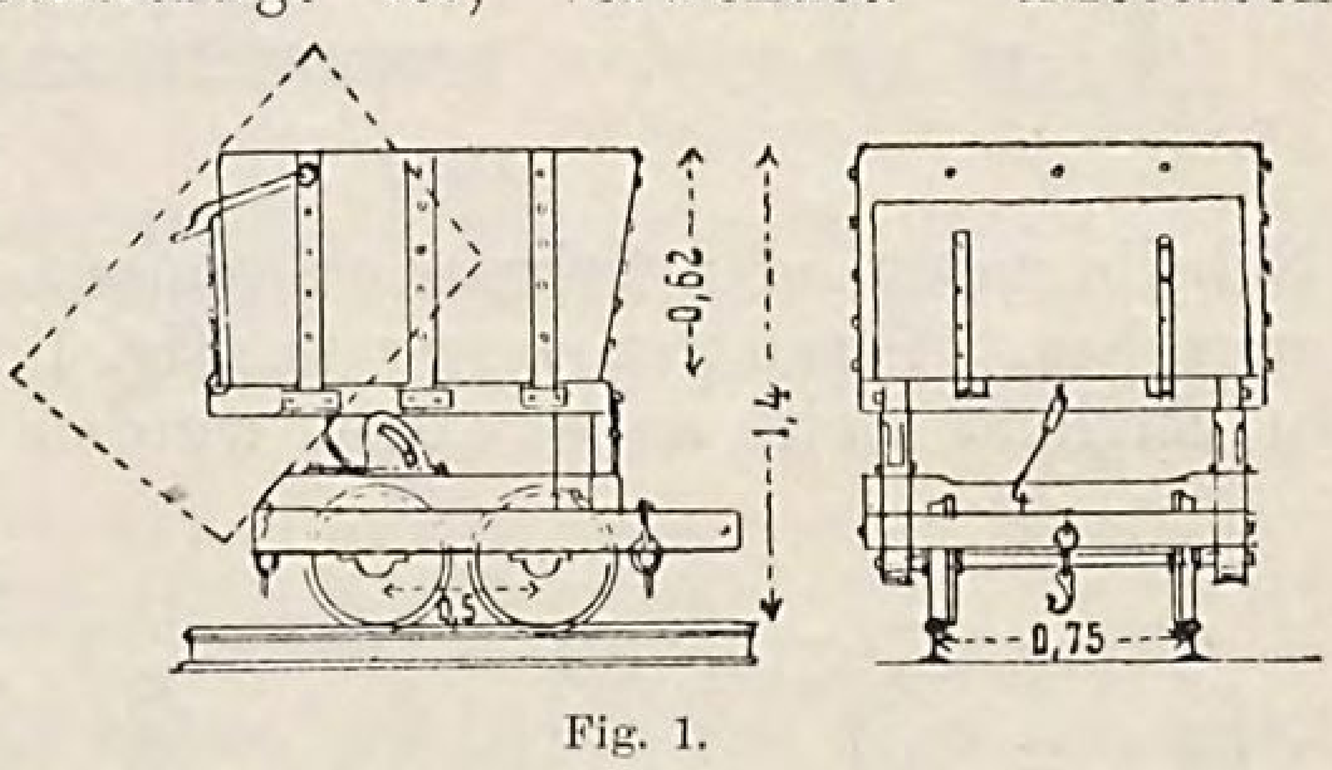


Fig. 1.

nach beiden Seiten geneigt ist und die Seitenwände sich vollständig herabschlagen lassen. — Die Kippwagen unterscheiden sich im wesentlichen als Vor- oder Vorderkipper (s. Fig. 1 und 2) und als Seitenkipper (s. Fig. 3 und 5). Federn sind bei denselben bisher noch nicht angewendet worden und werden sich auch wohl kaum anbringen lassen. Dadurch und durch die beim Kippen entstehenden Erschütterungen beanspruchen sie die Schienen in höherem Masse als die Wagen mit festen Kästen, lassen sich aber rascher und leichter entladen, wodurch eine wesentliche Arbeits- und Zeitersparnis entsteht. Als allgemeine Gesichtspunkte für die Konstruktion der Kippwagen sind zu beachten: dass die Neigung des gestürzten Kastens möglichst 45° mit der Horizontalebene einschliessen sollte und dass die ausgeschüttete Erde nicht zu nahe bei den Rädern liegen bleibt. Die Gewichtsverteilung geschieht bei den Kippwagen nicht selten in der Weise, dass der gefüllte Kasten durch ein Uebergewicht von etwa $1/2$ Ctr. in seiner horizontalen Lage erhalten wird; oft legt man jedoch auch den Schwerpunkt der leeren Wagenkasten über den Drehpunkt (Fig. 4 und 5) und bringt der Sicherheit wegen unter dem niedergehenden Teil des Wagenkastens eine Stütze an, die vor dem Kippen beseitigt wird (Fig. 4) [1], S. 518. Die Form der Kästen muss der Entleerung förderlich sein, also geneigte Seitenwände und keine an der Innenseite vorspringende Konstruktionsteile aufweisen. Die Kupplungen bestehen aus kurzen Ketten mit Haken, welche bisweilen Vorrichtungen zum Aushängen während des Laufes besitzen. Die Bremsen sind entweder Hebelbremsen oder Schraubenbremsen, die meist an der obern Seite der Räder angreifen. Vorderkipper (s. Fig. 1 und 2), [1] und [2], S. 515 bezw. S. 53, in England meist angewendet, werden nur bei Kopfschüttung (s. d.) eine rationelle Verwendung finden, während Seitenkipper (s. Fig. 3, 4 und 5, Einfach-Seitenkipper) bei Lagen-, Seiten- und Gerüstschüttung mit Vorteil benützt werden können, wobei es in manchen Fällen erwünscht sein kann, dieselben nach beiden Seiten kippbar als doppelte Seitenkipper (s. Fig. 4) [5], S. 353, oder als Muldenkipper (s. Fig. 5) [3], S. 182 auszubilden. Uebrigens kann der Wagen Fig. 3 [6], S. 71, auch für beide Seiten zum Kippen benützt werden; der Kasten braucht nur um 180° gedreht zu werden, so dass die Stützbalken a und a_1

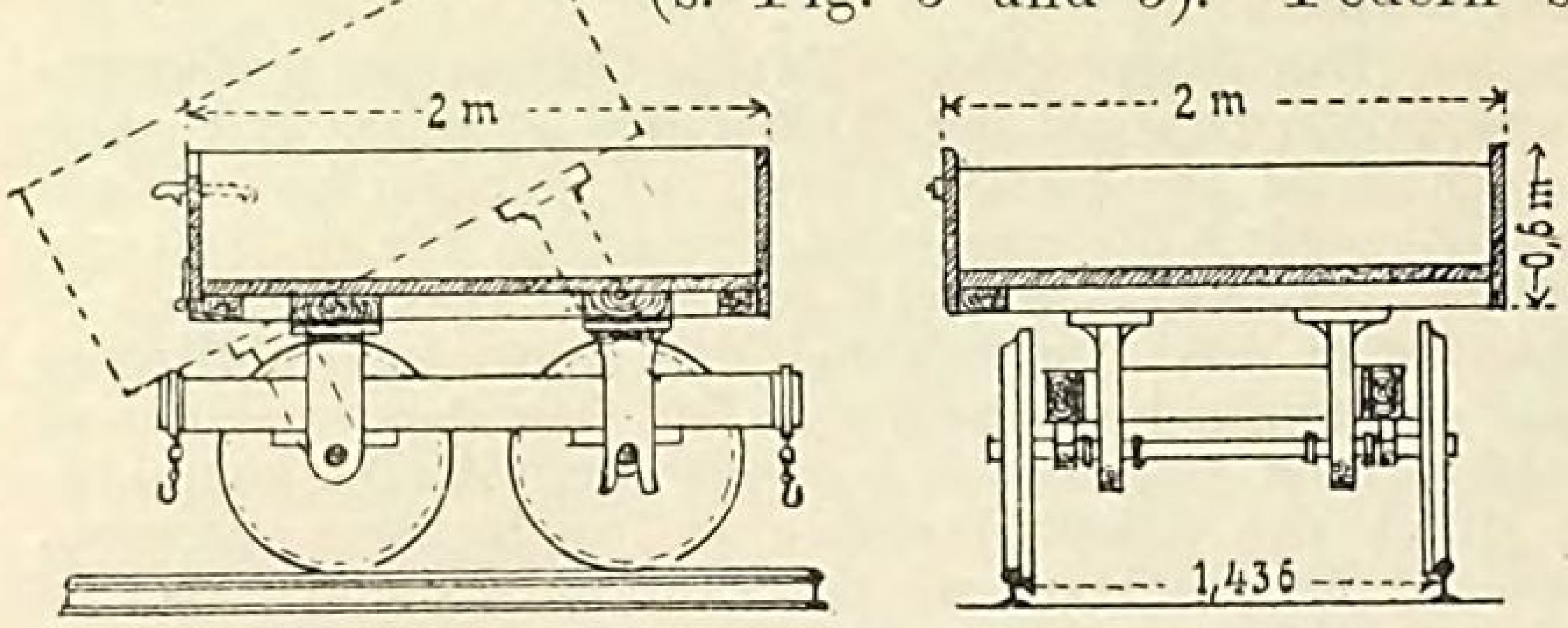


Fig. 2.

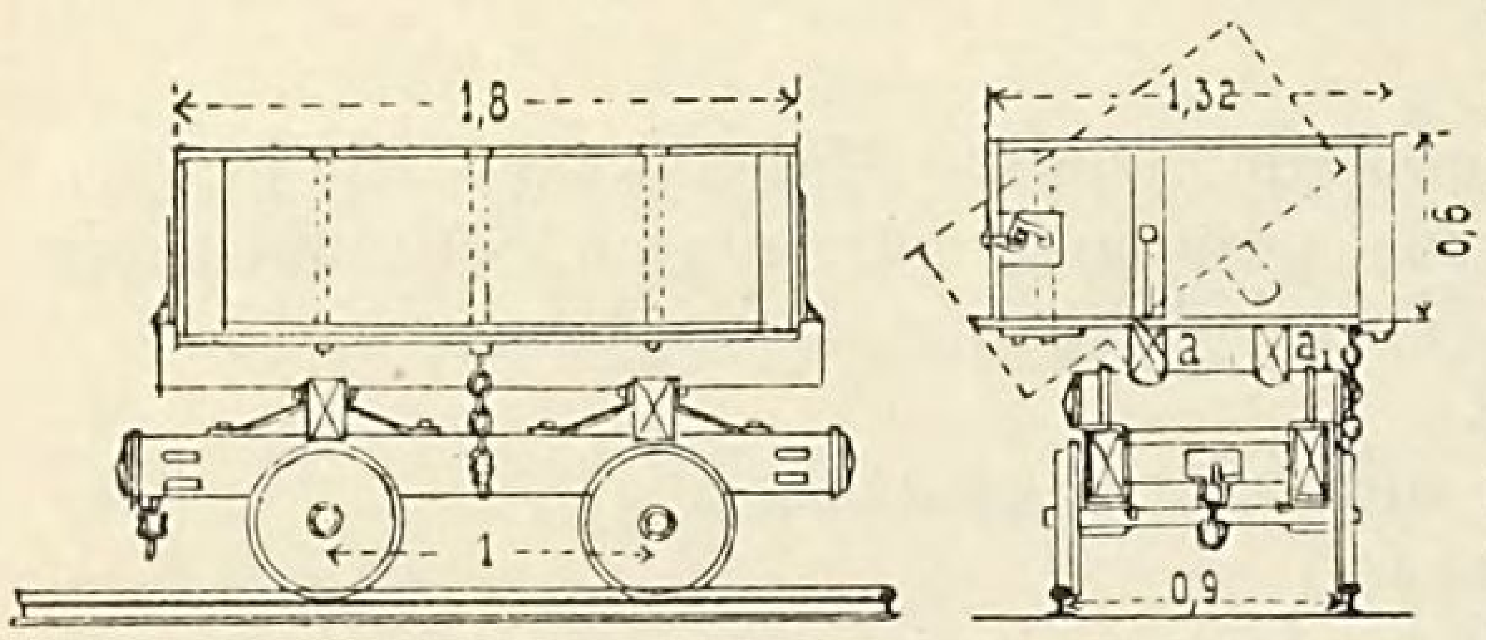


Fig. 3.

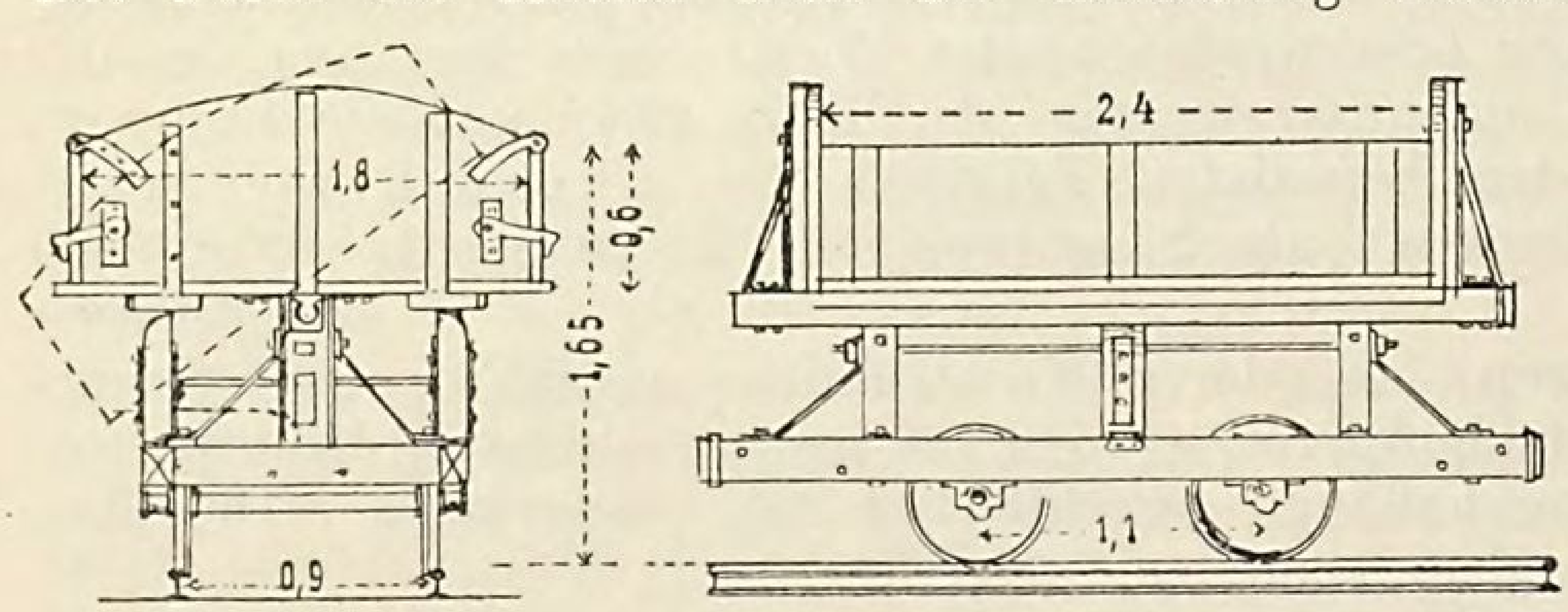


Fig. 4.

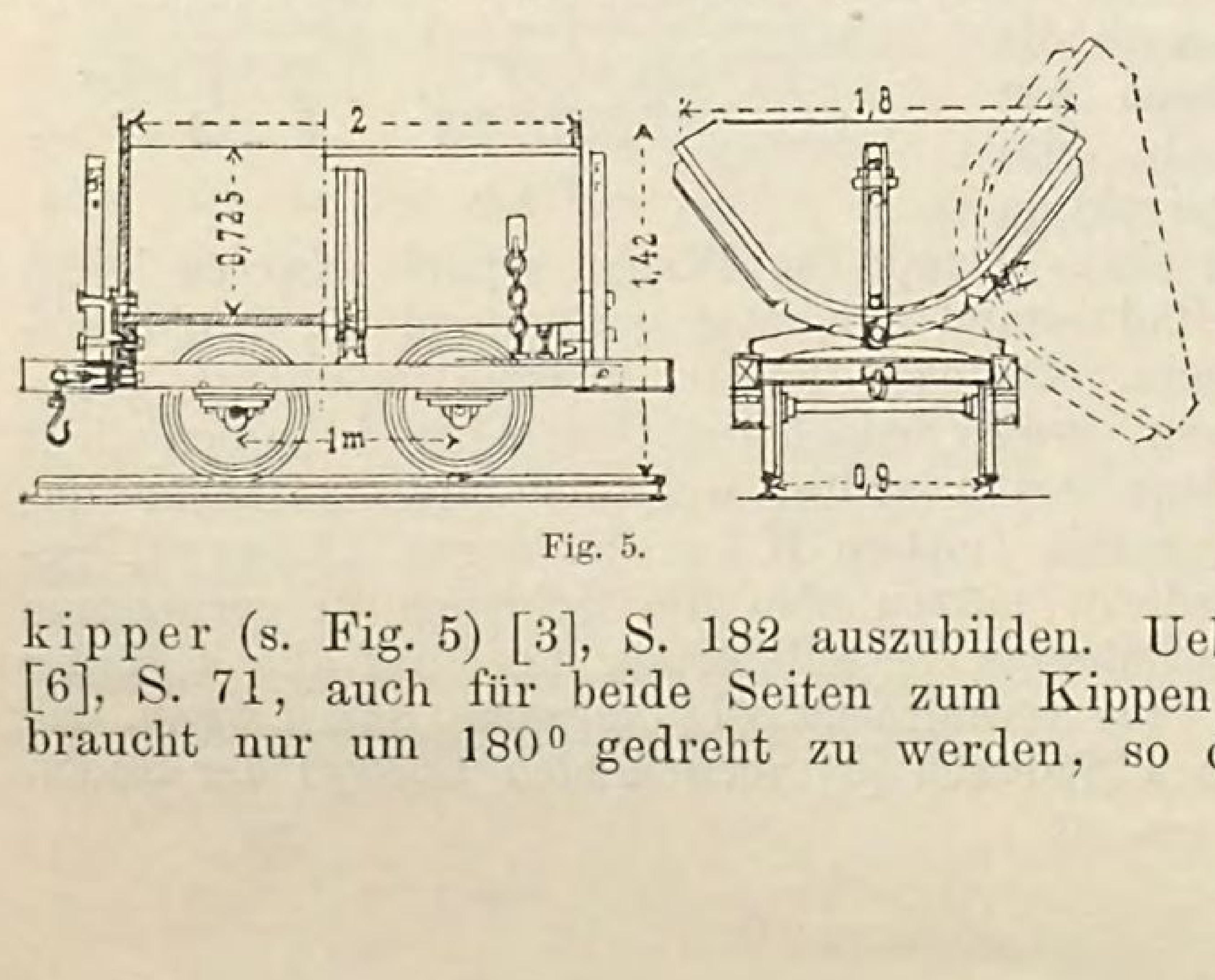


Fig. 5.

ihre Lage vertauschen. Auch sind Universalkipper zu konstruiren versucht worden, die, auf einer Scheibe bewegbar, nach allen Seiten kippen [3], S. 181; jedoch vermögen solche komplizirte Anordnungen sich nicht allgemein einzubürgern, vgl. auch [7]. Wagen, deren Boden sich öffnet [4], werden weniger für Erdarbeiten als zum Einbringen des Schotters zwischen die Schwellen definitiver Bahnen benützt. Als Erdwagen können dieselben nur bei der Gerüstschüttung Verwendung finden. Als Schienen für die Transportgleise können sowohl alte Eisenbahnschienen, als auch besonders hergestellte leichtere Schienen mit normaler oder schmaler Spurweite zur Anwendung kommen, je nach der Spurweite, für welche die Wagen eingerichtet sind.

Litteratur: [1] Handb. f. spez. Eisenbahntechnik, Bd. 2, Kap. 15, Leipzig 1882, S. 512. — [2] Handb. d. Bauk., Abt. 3, Heft 4, Berlin 1893, S. 53. — [3] Henz, Prakt. Anleitung zum Erdbau, 2. Aufl., Berlin 1874, S. 180. — [4] Baugewerksztg. 1894, S. 710. — [5] Handb. d. Ing.-Wiss., Bd. 1, Kap. 3, 2. Aufl., Leipzig 1883, S. 350. — [6] Hottenroth, Zeitschr. f. Bauk. 1882, S. 58. — [7] Engineering 1894, Bd. 1, S. 707 und 711. *L. v. Willmann.*

Erdwachs, s. Asphalt.

Erdwalzen dienen zur Dichtung von Erdanschüttungen, namentlich bei Herstellung wasserdichter Dämme. Damit dieselben die etwa vorkommenden Erdklumpen zerkleinern, werden sie aus einer oder aus mehreren Gruppen einzelner schmaler Scheiben hergestellt. In der Regel erhalten sie, ähnlich wie die Pferdewalzen (s. Walzen), Belastungskästen, die durch Wasserfüllung oder sonstige Beschwerung während der Arbeit eine Vergrösserung des Druckes herbeiführen, wogegen für den Transport zur Verwendungsstelle durch Entleerung der Kästen die zu befördernde Last verringert wird. Zum Bau des Staudammes für den Weiher von Paroy wurde eine Walze benützt, die leer 1300, voll 2100 kg wog. Zu ihrer Fortbewegung dienten 4 Pferde und wurden die einzelnen Dammlagen viermal gewalzt [1]. Beim Bau des Kanal du Centre (begonnen 1784 durch Gauthey) wurden zur Dichtung der Dämme mit Kannelirungen versehene Walzen von 700 kg, die, mit nur einem Pferde bespannt, nach allen Richtungen gelenkt werden konnten, benützt. Doch schon damals machten sich für die oberen Schichten durch das Schmälerwerden des Dammes Schwierigkeiten für die freie Bewegung und das Umwenden geltend, so dass man beim Marnekanal an jedem Ende der Dammstrecke je eine Lokomobile aufstellte, durch welche die Walze hin- und hergezogen wurde. Neuerdings hat Ingenieur Résal [2] für den Damm von Torcy-Neuf eine Dampfwalze von 5700 kg Gewicht mit einer 14pferdigen Maschine verwendet, die ähnlich den Dampfstrassenwalzen konstruirt ist und sich nur bezüglich der Walzenform an die früheren Pferdeerdwalzen anschliesst, indem alle 4 Walzen 10 cm breite, 16 cm tiefe Rillen besitzen. Die vorn befindlichen Lenkwalzen haben einen Durchmesser von 0,7 m, die Triebwalzen einen solchen von 1,3 m und besitzen letztere ein System von Kegelzahnrädern, welches es ermöglicht, die Maschine auf der Stelle zu wenden, indem den beiden Triebwalzen eine verschieden grosse Geschwindigkeit erteilt werden kann. Während das Dichten mit den Pferde-Erdwalzen sich auf 0,53 Frs. (0,43 *M.*) für den cbm berechnete, stellt sich dieser Betrag für die Dampfwalzen auf nur 0,25 Frs. (0,20 *M.*).

Litteratur: [1] Handb. d. Ing.-Wiss., Bd. 4, Abt. 3, Leipzig 1888, Kap. 16, S. 6; Basse, Ueber Dichtung von Boden, Centralbl. d. Bauverw. 1884, S. 190. — [2] Annales des ponts et chaussées 1893, Bd. 2, S. 34. *L. v. Willmann.*

Erdwand, eine aus fetter Erde und Lehm, mit gehacktem Stroh gemischt, hergestellte Mauer zur Einfriedigung von Höfen, Gelände u. s. w. Zum Schutze gegen Feuchtigkeit erhält sie eine Bodenschichte von festem Steinwerk, sowie eine Abdeckung von Ziegeln, Stroh u. dergl.

Eremitage, franz. s. v. w. Einsiedelei. Zu Anfang dieses Jahrhunderts legten fürstliche Persönlichkeiten häufig in ihren grossen Parkanlagen als malerischen Schmuck und Ueberraschung für fremde Besucher Einsiedeleien mit Kreuz und Glöcklein an; an Stelle dieser kleinen Bauten entstanden oft später prachtvolle Paläste, die häufig den Namen Eremitage weiter führten, z. B. in St. Petersburg. *v. Schubert-Soldern.*

Erg, Einheit der Arbeit, s. Absolutes Masssystem.

Ergat wird mitunter nach Clausius die potentielle Energie (s. Energie), das heisst auch der negative Wert der Kraftfunktion oder des Kräftepotentials genannt. Näheres s. Clausius, Die mechanische Wärmetheorie, Bd. I., Braunschweig 1876, S. 12 (2. Aufl. 1877, S. 12).

Erhebungskrater nannte man in der älteren Geologie diejenigen Krater, deren Tuffschichten vom Innenrand des Kraters nach aussen zu steil abfallen oder geneigt sind.

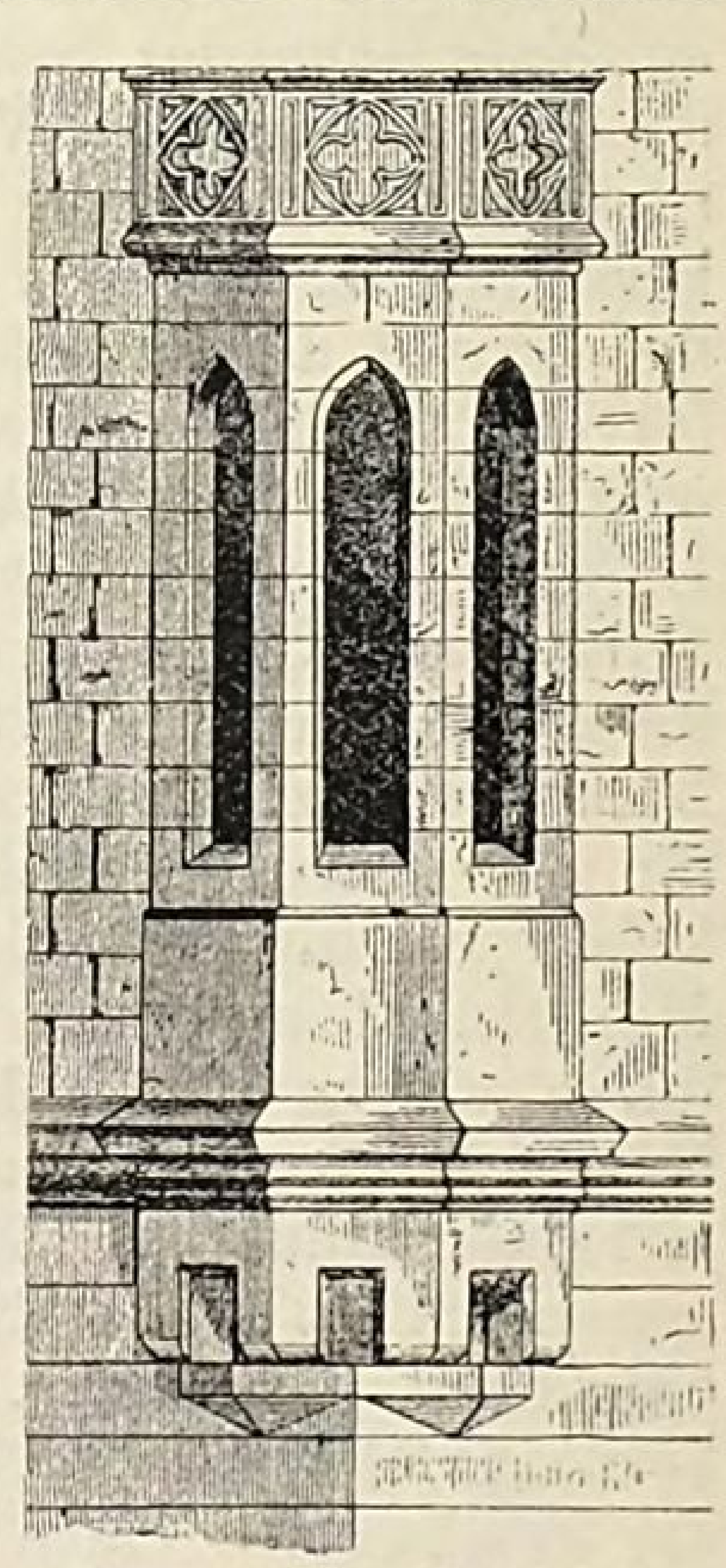
Man hielt diese mantel- und kegelförmige Lagerung für die Folge einer Erhebung der ursprünglich horizontalen Schichten durch den von unten wirkenden Druck der feurig flüssigen vulkanischen Massen, besonders der im Magma eingeschlossenen Gase (Al. v. Humboldt, L. v. Buch). Da aber die durchbrochenen Schichten keinesfalls eine Aufrichtung um den Krater zeigen und die schief vom Kraterrand nach aussen abfallenden Tuffschichten lediglich durch Aufschüttung von Auswurfsmassen um den Krater entstehen, so musste die Hypothese von den Erhebungskratern verlassen werden. *Leppla.*

Erhöhungswinkel, s. Ballistik.

Eriometer, s. Wollmesser.

Erkaltungsmethode ist eine der verschiedenen Methoden zur Ermittelung der spezifischen Wärme eines Körpers. Die spezifischen Wärmen zweier Körper von gleichem Volumen und gleicher Oberflächenbeschaffenheit verhalten sich wie die Zeiten, welche sie in gleicher Umgebung zu gleicher Temperaturerniedrigung gebrauchen und umgekehrt wie die Gewichte der Körper.

Erker oder Chörlein ist ein vor die Fassade vortretender Ausbau, der ringsum geschlossen erscheint. Derartige Erker wurden namentlich im Mittelalter gern angewendet und gaben den alten Strassen ein ungemein malerisches Aussehen; sie wurden aber auch später gebraucht und zieren in neuester Zeit viele Fassaden der Grossstädte. Auch werden sie häufig bei Brückenbauten verwendet (vergl. nebenstehende Figur). Die Form der Erker ist stets eine sehr mannigfaltige gewesen und ist es noch heute. Es gibt Erker, die in Mitte der Hausfront angebracht erscheinen, oder sie werden an die Ecke gesetzt, wobei ihre Grundform rechteckig, kreisförmig oder polygon sein kann; auch kann ein derartiger Ausbau bloss in einem Geschoss oder in mehreren Stockwerken über einander angebracht erscheinen und nach oben zu entweder in einem offenen Balkon (s. d.) oder in einem Türmchen endigen. Nach unten zu werden Erker entweder durch Säulen, vorkragende Steine oder vortretende Konsolen unterstützt. *v. Schubert-Soldern.*



Erker von der Rheinbrücke in Köln.

Erker, im Marinewesen, s. Schiffsarmirung.

Erlan, Erlanfels, ein Gestein, welches in der Hauptsache aus fast farblosem Augit in unregelmässigen Körnern von ebenso farblosem oder wasserhellem Feldspat besteht. Ausserdem ist noch Vesuvian, Quarz, Epidot, Glimmer (Muskovit und Biotit) beigemengt. Das aus 53% SiO_2, 14% Al_2O_3, 7% Fe_2O_3, 14,4% CaO, 5,4% MgO, 2,6% Na_2O bestehende Gestein bildet mehrere Meter mächtige Lager im Gneiss bei Schwarzenberg a. Saale und wurde als Zuschlag im Eisenhüttenbetrieb verwendet. *Leppla.*

Erlangerblau, s. Pariserblau.

Erle, s. Nutzhölzer und Schiffsbauhölzer.

Erntemaschine, dazu bestimmt, die Erntearbeit zu erleichtern, zu beschleunigen und zu verbilligen. So finden bei der Getreideernte die Getreidemähmaschinen, die Selbstbinder (kombinirte Erntemaschinen), bei der Futterernte die Grasmäher und Heuwender, in beiden Fällen die Heurechen Verwendung, während bei der Ernte der Kartoffeln die betr. Pflüge und Maschinen, bei der Rübenernte die Rübenheber benützt werden. *Strebel.*

Erosion, auch Abtragung, wird die Gesamtheit derjenigen mechanischen und auch chemischen Erscheinungen bezeichnet, welche auf die Zerstörung, vor-

nehmlich aber auf die mechanische Auflockerung der Gesteine, und auf die Weiterbeförderung der Bruchstücke und kleinen Teilchen hinzielt. Soweit letztere in Betracht kommt, ist die Erosion in nackten, vegetationslosen Gebieten stärker als in bewachsenen. Die einzelnen Vorgänge der Erosion bestehen in der Loslösung der Bruchstücke von anstehendem Gestein (Ablation), in der Reibung, die die Bruckstücke ausüben bei der Fortbewegung (Korrosion), in der Weiterbeförderung und Ablagerung der losgelösten Teilchen. Das Endergebnis der Erosion wird die Abtragung (Denudation) der Gebirge und die Ausfüllung der Niederungen, also auch die Ausfüllung der Meeresräume sein. Insofern bewirkt die Erosion vielleicht die wichtigsten Veränderungen, welchen die Erdoberfläche ausgesetzt ist und ihr verdankt man im grossen Ganzen das Relief der Erdoberfläche im kleinen. Rücksichtlich der wirksamen Kräfte, welche die Erscheinungen der Erosion hervorrufen, teilt man diese ein in Erosion durch Wind, Wasser, Eis und Schnee. Ihr vorausgehen muss die mechanische Lockerung des Zusammenhangs der Gesteine und deren Zerfall. Sie ist in erster Linie eine Folge von Wärmeschwankungen der Luft und der Sonnenstrahlen. Wirken letztere längere Zeit auf das Gestein, so erwärmen sie dasselbe und dehnen dasselbe aus. Starke nächtliche Abkühlung veranlasst ein beträchtliches Zusammenziehen des Gesteins und durch diese Wechselwirkung wird der Zusammenhang des Gesteins vielfach gelockert, die Steine zerspringen und zerfallen. Hierbei wirken die Ungleichheiten in der Farbe, Ausdehnung und Wärmeleitung der gemengten Gesteine mit. Das in den Haarspalten der Gesteine vorhandene Wasser dehnt sich beim Gefrieren aus und erzeugt somit hier Erweiterung der Spalten und Zerfall in kleine Teile. Ferner sind es Organismen (Flechten, Moose), welche an der Oberfläche die Gesteine anfressen, ätzen, Vertiefungen erzeugen (vornehmlich an Kalken), und Pflanzenwurzeln, welche die Gesteine sprengen. Endlich geben molekulare Umwandlungen, Volumvergrösserungen durch Wasseraufnahme u. s. w. Anlass zu inneren Spannungen, deren Auslösung meist eine Zertrümmerung des Gesteins zur Folge hat.

Erosion durch Wind. Die kleinsten Teilchen der zertrümmerten Gesteine werden vom Wind als Staub und Sand aufgenommen, wenn sie trocken sind, und weiter getragen. Die Wirkung des Windes ist natürlich in trockenen, niederschlagsarmen und vegetationslosen Gegenden (Sandwüsten) erheblich stärker als in feuchten und bewachsenen. Hier werden die vom Wind weiter getragenen Teilchen nur selten zu selbständigen Ablagerungen angehäuft, weil der bald folgende Regen die Teilchen wieder abschwemmt. Dünen an flachen Küsten und steriler Flugsand sind die einzigen durch Wind erzeugten Ablagerungen in regenreichen Zonen. Die gröberen und härteren Teilchen schleifen andere grössere Stücke ab und üben so selbst wieder Erosion. Bei den Aschenauswürfen der Vulkane wird die Transportkraft des Windes in Anspruch genommen.

Erosion durch fliessendes Wasser. Das auf die Erde niederfallende Wasser fliesst, dem Gesetze der Schwere folgend, abwärts und reisst auf dem Weg eine Menge kleiner und kleinster Teilchen mit sich, indem es sie schwebend in sich aufnimmt. Wir sehen diese Teilchen als Trübung im Wasser. Die Grösse der suspendirten Teilchen richtet sich nach der Wasserhöhe, dem Gefälle und nach dem Eigengewicht der Teilchen. Neben den suspendirten Teilchen werden am Boden des Fliesswassers noch grössere Bruchstücke fortgestossen und weiter gewälzt. Durch die so wirkende Erosion des Fliesswassers wird wohl der bedeutendste Teil aller Erosion geleistet werden, denn die meisten unserer Thäler sind durch die sogen. rückschreitende Erosion, das sich nach rückwärts immer tiefere Eingraben der Fliesswasserrinne, zu stand gekommen. Die rückschreitende Erosion besteht aber hauptsächlich in dem Transport kleiner und kleinster Teilchen von der Höhe nach der Tiefe. Den Vorgang des Abwaschens der von Gesteinen losgelösten kleinen Teilchen nennt man auch Denudation oder Entblössung. Hierin sind auch diejenigen mechanischen Wirkungen des auffallenden Regens inbegriffen, die durch den Anprall der Tropfen Teilchen vom anstehenden Gestein loslösen. Das fliessende Wasser löst besonders als Regen im kohlensäurehaltigen Zustande eine Menge Stoffe auf und verstärkt so den abtragenden Einfluss noch mehr. Es unterwühlt in mächtigen Rinnen die Ufer und lässt die überhängenden Teile desselben in das Bett abbrechen (Uferbrüche). Es zerreibt und zertrümmert durch Rollung die am Boden des Stromes bewegten Gesteinsbrocken und die in das Bett hineinragenden Felsen und vergrössert somit durch Substanzverminderung, -Lösung und -Zertrümmerung die Erosionsfähigkeit der Gesteine. Villot und Oppermann fanden in 1 l Wasser der Durance im Maximum 40,4 g schwebende Teile, im Jahresmittel etwa 3 g. Der Mississippi führt in 10000 Vol. 14,68 Vol., der Ganges 19,43 Vol., die Donau 3,26 (zehnjähriges Mittel) schwebender Teile. A. de Lapparent veranschlagt die jährliche Menge der von den Flüssen ins Meer geführten schwebenden Teile zu 10,43 ckm, die Menge der gelösten Teile zu 4,92 ckm, also den Gesamtverlust des Festlandes auf über 15 ckm, was einer mittleren Erniedrigung der Kontinente um 0,11 mm im Jahr gleich-

käme. In ungestörter Fortwirkung der Erosion des fliessenden Wassers würde demnach in $4^1/_2$ Millionen Jahren das Niveau des Meeres und des Landes gleich sein. Ohne dieser Berechnung eine allzugrosse Genauigkeit beimessen zu wollen, zeigt sie doch, dass das Fliesswasser der bedeutendste Erosionsfaktor ist. Die von ihm erzeugten Ablagerungen auf dem Festland (Kies, Sand, Lehm, Löss) geben von der Grösse desselben einen hinreichenden Begriff.

Erosion durch Schnee und Eis. Die erodirende Wirkung des Schnees erweist sich vor allem in der Lawinenbildung, dem Absturz grosser Schneemassen, von welchen grosse Felsblöcke und Material des Untergrundes mitgerissen werden. Die erosive Thätigkeit der Gletscher ist eine bedeutendere und äussert sich im Transport grober Gesteinsmassen auf weiten und wenig geneigten Strecken (vergl. Erraticum, Diluvium). Sie gibt sich aber auch kund durch das Abschleifen des Untergrundes und der Seitenwände des Gletschers und die mechanische Zertrümmerung des mitgeführten Schuttmaterials. Letztere bedingt zugleich eine feinere Zerteilung und eine Vermehrung der gelösten Bestandteile. Die von dem Gletscher abfliessenden Schmelzwasser äussern die oben dem Fliesswasser zugeschriebenen Eigenschaften.

Erosion durch das Meer. Die gegen die Küste anprallenden Meereswellen üben auf diese eine sehr grosse mechanische Kraft aus, welche in der Ausnagung und Zerstörung der Ufergesteine besteht. Vornehmlich sind steile Küsten der Erosion durch Meereswellen ausgesetzt. Der Druck der Strandwellen beträgt nach Stevenson in West-Schottland 2983 kg pro 1 qm im Sommer und 10185 kg pro 1 qm im Winter. Der grösste Stoss durch die Welle wird nahe der Oberfläche geäussert. Nicht bloss wirkt die zerstörende Kraft der Welle durch den Anprall des Wassers auf die Felsen, sondern auch dadurch, dass Gerölle des Ufers gegen die Felsen geworfen und unter sich durch Reibung zermalmt werden.

F. von Richthofen hat die zerstörende und abtragende Wirkung der Meereswellen als Abrasion bezeichnet und dieser Erscheinung die Entstehung breiter, ziemlich ebener Küstenflächen (Abrasionsflächen) zugeschrieben.

Litteratur: K. v. Fritsch, Allgem. Geologie, Stuttgart 1888, S. 300—350. — J. Roth, Allgem. u. chem. Geologie, Berlin 1893, Bd. 3, S. 330—364. — J. Walther, Lithogenesis der Gegenwart, Jena 1894. *Leppla.*

Erraticum wird die Erscheinung der fremden, nicht anstehenden, sondern durch Gletscher an ihren gegenwärtigen Fundort gebrachten, sogen. erratischen Blöcke genannt (s. Diluvium). Solche Blöcke, von meist sehr harten und der Witterung sehr widerstehenden Gesteinen (Quarzit, Granit, Porphyr, Gneiss u. s. w.), wurden durch die diluvialen Gletscher aus den Zentralalpen nach dem nord- und südalpinen Vorland oder aus den skandinavischen Gebirgen nach Norddeutschland und Russland gebracht und hier abgelagert. Sie sind in der Regel ziemlich gerundet, oft auch noch kantig und erreichen in einzelnen Fällen bis 1000 cbm Rauminhalt. In geringen Grössen und mit feinerem Zerreibsel der Gesteine untermischt bilden die Blöcke das Material der Moränen, Geschiebelehme und -Mergel (s. d.). Da die Blöcke meist in Niederungen mit weichem, leicht erodirbarem Gesteinsuntergrund abgelagert wurden, so bilden sie in solchen „steinarmen" Gegenden ein sehr gesuchtes und geschätztes Material zum Bauen und zum Unterhalt der Strassen. In einigen der in der Diluvialzeit vergletscherten Gegenden Deutschlands sind daher die „Findlinge" oder erratischen Blöcke schon ziemlich selten geworden. *Leppla.*

Erratische Blöcke, s. Erraticum.

Ersäufter Kalk, s. Löschen des Kalkes.

Ersaufen, Erschroten, s. Wasserhaltung.

Erstarren bedeutet den Uebergang der Körper aus dem flüssigen in den starren oder festen Aggregatzustand; er kann infolge verschiedener Ursachen erfolgen.

So gehen manche in Flüssigkeiten gelöste Körper infolge der Verdunstung des Lösungsmittels in den festen Zustand über, entweder unter Kristallisation oder unter allmälicher Austrocknung, wenn sie amorpher oder kolloidaler Beschaffenheit sind. In anderen Fällen, wie beim Erhärten des Gipses, des Zements etc., erfolgt das Erstarren infolge chemischer Bindung des Wassers, mit welchem die gepulverten Körper zu Brei gemischt wurden. Hauptsächlich aber bildet die Temperaturerniedrigung eine häufige Ursache des Erstarrens. — Soweit das Erstarren sich als reine Umkehrung des Schmelzprozesses darstellt, der bei der sogen. Schmelz- oder Erstarrungstemperatur erfolgt unter Bindung derselben Wärmemenge beim einen Vorgang, die beim andern frei wird, und unter entgegengesetzter Aenderung des Volumens bei beiden Vorgängen, sei auf die Artikel Schmelzen, Schmelzpunkt, Schmelzwärme verwiesen. In einer Beziehung bildet das Erstarren beim Abkühlen nicht das genaue Gegenstück des Schmelzens bei Temperaturerhöhung: Mehr oder weniger alle schmelzbaren Körper sind der Unterkühlung oder Ueberschmelzung fähig, wenn sie im geschmolzenen Zustande abgekühlt werden. Wasser, das vor Erschütterung bewahrt wird, lässt sich bis — 12° abkühlen, ohne zu gefrieren; sobald aber das Erstarren infolge Bewegung oder sicherer infolge Hineinwerfens eines Eiskristalls beginnt, gefriert plötzlich ein grosser Teil der Flüssigkeit unter Erhöhung

der Temperatur bis zum Gefrierpunkt. Besonders wird das Unterkühlen erleichtert durch Bedecken des Wassers mit einer Oelschicht oder durch Abkühlen in einer Thermometerkugel, wobei das Erstarren sogar bis — 20° verzögert werden kann. In ähnlicher Weise gestattet geschmolzener Schwefel eine Abkühlung um gegen 90° unter seinen Schmelzpunkt und Phosphor eine solche um etwa 20°; auch unterschwefligsaures und essigsaures Natron sind bedeutender Unterkühlung fähig. Hierher gehören auch die Erscheinungen der Uebersättigung von Salzlösungen.

Litteratur: Müller-Pfaundler, Lehrbuch der Physik und Meteorologie, 8. Aufl., Braunschweig 1879, Bd. 2, S. 132 ff. — Wüllner, Lehrbuch der Experimentalphysik, 5. Aufl., Leipzig 1896, Bd. 2, S. 643. *Aug. Schmidt*

Erstarrungskruste, s. Erdkruste.

Erster Vertikal, s. Koordinaten am Himmel.

Erstfinderrecht, s. Bergrecht.

Erubescit, s. v. w. Buntkupfererz.

Eruption, s. Vulkanismus.

Eruptivgesteine, auch Massengesteine, werden in feurig-flüssigem Zustand (Magma) aus dem Innern der Erde in offene Hohlräume hineingepresst oder haben die Erdoberfläche erreicht und sich hier als Lavaströme ergossen. Für die Entstehung der Eruptivgesteine hat man in den von den heutigen Vulkanen ausgesandten Magmen, die teils Gänge, teils Ströme bilden, hinreichende Aehnlichkeiten. Man darf annehmen, dass das glutflüssige Magma noch mit einer Reihe von Gasen, besonders aber mit Wasserdampf und Wasser in überhitzter Form gesättigt war, welche nach der Erstarrung verschwanden oder aber in mikroskopischen Formen in manchen Gemengteilen der Gesteine erhalten blieben. Das ursprüngliche Vorhandensein überhitzten Wassers wird auch durch die Gegenwart von Mineralien wahrscheinlich gemacht, deren Bildung auf diese hinweist, z. B. Quarz. Bei den in Gängen und unterirdischen Hohlräumen erstarrten Magmen wirkten die Gase des Magmas günstiger und nachhaltiger auf die volle Auskristallisirung der Gemengteile. Die lavaartigen Gesteine dagegen verloren ihre Gase und ihr Wasser sehr bald und sie zeigen daher in den meisten Fällen einen unkristallisirten oder amorphen Rückstand (Glas).

Die Struktur der Eruptivgesteine, d. h. die Art des Gefüges der einzelnen Gemengteile ist zumeist nach allen Seiten die gleiche; sie ist regellos massig im Gegensatz zu den Schichtgesteinen. Schichtung fehlt ihnen, da sie einem einheitlichem Bildungsakte ihre Entstehung verdanken. Organische Reste kommen in Eruptivgesteinen nicht vor, da die glutflüssige Natur des Magmas die Existenz von Organismen ausschloss. Bei den lavaartigen Gesteinen zeigt sich, wie bereits angegeben, oft neben den kristallisirten Gemengteilen noch ein amorpher Rest, der Glasnatur hat. Tritt er in den Vordergrund, so wird das ganze Gestein selbst glasig. Entweichen beim Erstarren viele Gase und Dämpfe, so wird das Gestein blasig und schlackenartig. Die Flussnatur der lavaartigen Gesteine gibt sich zumeist durch ein gebändertes oder schlierenartiges Aussehen kund. Die Lagerungsform der lavaartigen Gesteine ähnelt, oberflächlich betrachtet, derjenigen eines Schichtgesteines, die Form der gangartigen Gesteine jedoch weicht von der Schichtung ab. Sie durchbrechen die geschichteten Gesteine unter mehr oder minder grossem Winkel zur Schichtung und verändern dieselben an den Berührungsflächen teils durch Hitzwirkung, teils auch auf chemischem Weg.

Das Alter der Eruptivgesteine läuft parallel mit demjenigen der Schichtgesteine. In allen Formationen trifft man solche Gesteine an. Das Alter eines Eruptivgesteins richtet sich nach demjenigen des durchbrochenen nur insofern, als es jünger als dieses, und nach demjenigen des auflagernden, als es älter als dieses ist. Die Eruptivgesteine der älteren Formationen haben im allgemeinen eine vollkristalline, diejenigen der jüngeren Formationen eine nur teilweise kristalline, dagegen oft glasartige Beschaffenheit. Auch die Verwitterung hat durchschnittlich bei jenen einen höheren Grad erreicht als bei diesen. Doch sind diese beiden Gesichtspunkte keineswegs hinreichend, um ältere und jüngere Eruptivgesteine von einander zu unterscheiden.

Auf die Beschaffenheit derselben übt das Alter keinen bestimmten Einfluss aus, und es wäre richtiger, bei der Einteilung der Gesteine die Altersbeziehung gänzlich ausser Betracht zu lassen, da Gesteine von bestimmter Beschaffenheit beinahe in allen Formationen auftreten können. Man hat trotzdem die Eruptivgesteine in palaeo- und neo-eruptive oder -vulkanische geteilt, je nachdem ihre Entstehungszeit vor die Tertiärformation oder in dieselbe und in die noch jüngeren Formationen fällt. — In ihrer geologischen Erscheinungsweise nehmen die Eruptivgesteine zweierlei Hauptformen an.

Die erste Form wurde in unterirdische Hohlräume eingepresst und kam demnach in glutflüssiger Form nicht an den Tag. Man nennt solche Gesteine plutonische, intrusive,

eingepresste oder auch Tiefengesteine. Derartige Magmen sind zumeist vollkristallinisch erstarrt, sehr selten blasig und mandelsteinartig, oft säulenförmig abgesondert und in vielen Fällen an den Berührungsflächen mit dem Nebengestein (Salband) porphyrisch, im Innern dagegen körnig. Die plutonischen Gesteine sind entweder als Gänge (Ganggesteine) in lange, schmale, offene Spalten eingepresst worden (Diabase), oder sie bilden rundliche, stock- oder linsenförmige Massen von sehr grosser Ausdehnung zwischen den Schichten (Granite, Porphyre, Diorite, Syenite, Gabbro u. s. w.). Ihre Einwirkung auf das Nebengestein ist meist eine sehr grosse, und sie erstreckt sich z. B. beim Granit mitunter auf Tausende von Metern (Kontaktzone).

Die zweite Art der Eruptivgesteine charakterisirt sich dadurch, dass ihre Magmen ebenfalls durch Spalten aus dem Erdinnern emporgepresst, aber bis auf die Oberfläche gelangt sind und hier sich lavaartig ergossen haben. Sie werden als vulkanische oder Erguss-, auch Effusivgesteine bezeichnet. Nur selten haben sie körnige, meist aber porphyrische Struktur, da ihre Hauptgemengteile in zwei Generationen, als Einsprenglinge und als Grundmasse erstarrt sind. Rein glasige Erstarrungsweisen kommen oft vor. Veränderungen des Nebengesteins beobachtet man selten. Sehr häufig sind sie blasig, schaumig und mandelsteinartig. In der Regel sind sie von Tuffen und Auswurfsmassen unterlagert. Man unterscheidet zwischen alt- und jungvulkanischen Gesteinen in dem gleichen Sinne, wie die Begriffe palaeo- und neo-eruptiv bereits oben gefasst wurden. Zu den altvulkanischen Gesteinen werden Diabase, Melaphyre, Porphyrite, Quarzporphyre, Pechsteine u. a., zu den jungvulkanischen die Basalte, Andesite, Trachyte, auch die heutigen Laven gerechnet. Es ist jedoch keineswegs gesagt, dass alle als vulkanische oder Ergussgesteine bezeichneten Felsarten nicht auch Tiefengesteine sein können. Man spricht ebensowohl von Melaphyrgängen wie von Melaphyrergüssen.

Für die eigentliche Unterscheidung und Benennung der Eruptivgesteine kommt als Hauptgesichtspunkt die chemische Beschaffenheit in Betracht; doch sind die Grenzen zwischen den einzelnen chemischen Mischungen der Magmen natürlicherweise keine scharfen. Deshalb hat die Namengebung und Unterscheidung der Gesteine, in erster Linie die Untersuchung ihrer mineralischen Zusammensetzung vorauszugehen. Im nachfolgenden wird die Klassifikation der Eruptivgesteine zumeist nach Zirkel wiedergegeben:

I. Körnige Gesteine (vorwiegend plutonische Gesteine) mit

A. Orthoklas (Alkalifeldspat):
- a. mit Quarz und Glimmer: Granite.
- b. mit Hornblende, ohne Quarz, ohne Nephelin: Syenite.
 ohne Quarz mit Nephelin: Elaeolith-Syenit.

B. Plagioklas (Kalknatronfeldspat):
- a. ohne Nephelin:
 - α. mit Hornblende und Quarz: Quarz-Hornblende-Diorit.
 mit Hornblende ohne Quarz: Hornblende-Diorit.
 - β. mit Biotit und Quarz: Quarz-Glimmer-Diorit.
 mit Biotit ohne Quarz: Glimmer-Diorit, Kersantit.
 - γ. mit Augit ohne Olivin: Diabas, Quarzdiabas, Ophit, Teschenit.
 mit Augit und Olivin: Olivin-Diabas.
 - δ. mit Diallag: Gabbro, Olivin-Gabbro.

C. Feldspatfreie Olivingesteine: Pikrit u. a.

II. Porphyrische u. glasige Gesteine (vulkanische oder Ergussgesteine):

1. Vortertiär (Palaeovulkanisch):

A. mit Orthoklas (Kalifeldspat):
- a. mit Quarz: Granitporphyr, Quarzporphyr, Felsitporphyr, Felsitpechstein, Quarzkeratophyr.
- b. ohne Quarz: Orthoklasporphyr (quarzfrei), Keratophyr, Syenitporphyr, Minette.

B. mit Plagioklas (Kalknatronfeldspat):
- a. mit Hornblende und Quarz: Quarz-Hornblende-Porphyrit.
 mit Hornblende ohne Quarz: Hornblendeporphyrit.
- b. mit Biotit und Quarz: Quarz-Glimmer-Porphyrit.
 mit Biotit ohne Quarz: Glimmerporphyrit.
- c. mit Augit ohne Olivin: Diabas-Porphyrit, Augit-Porphyrit.
 mit Augit und Olivin: Melaphyr.

2. Tertiär und Nachtertiär (neo-vulkanisch):

A. mit Orthoklas (Kalifeldspat):
- a. mit Quarz: Rhyolith.
- b. ohne „ u. ohne Nephelin: Trachyte, Obsidian, Pechstein.
- c. ohne Quarz mit Nephelin oder Leucit: Phonolith, Leucit-Phonolith, Leucit-Trachyt.

B. mit Plagioklas (Kalknatronfeldspat):
- a. mit Hornblende u. Quarz: Quarz-Propylit, Dacit.
- b. mit Hornblende ohne Quarz: Propylit, Hornblende-Andesit.
- c. mit Biotit: Glimmer-Andesit.
- d. mit Augit: Augit-Andesit.
- e. „ „ und Olivin: Basalt.
- f. mit Nephelin u. Leucit: Nephelin-, Leucit-Basanit, Nephelin-, Leucit-Tephrit.

C. mit Nephelin, Augit und Olivin: Nephelinite.

D. mit Leucit, Augit und Olivin: Leucitite.

E. mit Melilith und Augit: Melilithbasalt.

F. mit Augit und Olivin: Limburgit.
„ „ ohne Olivin: Augitit.

Bedeutung der Eruptivgesteine für die Technik (Bauwesen). Die Härte der Eruptivgesteine geht im frischen Zustand selten unter 5 und daher sind die Druckfestigkeiten ziemlich hoch: Verwendung zu Pflaster- und Strassenbaumaterial. Nur die sehr glimmerreichen bilden hiervon eine Ausnahme. Der Mangel an Schichtung hat Vor- und Nachteile. Er begünstigt das Gewinnen

grosser Blöcke, deren unregelmässige Form jedoch die Bearbeitung erschwert. Die schwerere Verwitterbarkeit der Eruptivgesteine als Silikate überhaupt empfiehlt ihre Verwendung als Gebäudesockel, Postamente, zu Wasserbauten und Wettermauern; die Augit und Hornblende führenden zeigen sehr grosse Zähigkeit, besonders, wenn diese beiden Mineralien in Chlorit umgewandelt wurden. Sie lassen sich alsdann oft leichter zersägen als behauen und gestatten auch Profilirungen. Die quarzreichen Gesteine gehören zu den härtesten und gegen Verwitterung am widerstandsfähigsten, und wenn der Quarz als Gemengteil der Grundmasse eng mit den anderen Gemengteilen verwachsen ist, erreichen die Gesteine auch grosse Zähigkeit. Gesteine mit kaolinisirtem Feldspat sind durchschnittlich weich und zu Bauzwecken ungeeignet, weil sie zerfallen. Liegen die Härtegrade der Hauptgemengteile weit aus einander, z. B. um 2 Grade oder mehr, so ist die Herstellung einer schönen Politur oft sehr schwierig; der härtere Gemengteil wird glänzend, der weichere bleibt rauh. Die ganz dichten Arten der Eruptivgesteine werden als Pflastersteine meist sehr glatt und bieten dem Huf wenig Reibung (Basalte). Auch die glasreichen zeigen dieselbe Eigenschaft (Pechsteine); sie sind sehr spröd und lassen sich von allen Eruptivgesteinen am schwersten bearbeiten, können daher nur äusserst selten als Hau- und Werksteine benützt werden. In blasiger Ausbildung (Lava) ist ihre Verwendungsweise eine grössere und erstreckt sich auf alle Arten von Mauerwerk. Die glimmerreichen Gesteine neigen vielfach zum Aufblättern und zum Zerfall beim Verwittern. Als Zuschlagsmaterial beim Schmelzen der Eisenerze werden leicht schmelzbare Eruptivgesteine (quarzfreie) in manchen Fällen verwendet (Erlan, Gabbro, Diorit u. s. w.).

Litteratur: Zirkel, Lehrbuch der Petrographie, Leipzig 1893—94, 3 Bde. — Roth, Allgemeine und chemische Geologie, Berlin 1887—90, Bd. 2 und 3. — Rosenbusch, H., Physiographie der Gesteine, 3. Aufl., Stuttgart 1895. *Leppla.*

Erwärmung des Bodens, s. Bodenphysik und Geothermik.

Erweiterungsbohrer, s. Tiefbohren und Bohrer, Bd. 2, S. 600.

Erythrin, s. v. w. Kobaltblüte; s. auch Farbstoffe, künstliche organische.

Erythrophytoskop. Das Erythrophytoskop (ἐρυθρός rot und φυτόν Pflanze) ist eine Brille mit farbigen Gläsern, durch welche man die grüne Natur korallrot, den Himmel cyanblau, Erde und Wolken violett sieht. Eine andere Kombination farbiger Brillengläser, das Erythroskop, zeigt die Pflanzen rot, die übrige Natur dunkel, eine andere, das Melanoskop, zeigt die Pflanzen schwarz.

Litteratur: Reis, Lehrbuch der Physik, 8. Aufl., Leipzig 1893, S. 415. *Aug. Schmidt.*

Erz. Erze nennt man in der berg- und hüttenmännischen Technik diejenigen gediegenen Metalle und deren Verbindungen, welche in der Natur in solchen Mengen vorkommen, dass sie benützt werden können, um regulinische Metalle oder technisch verwertbare Verbindungen derselben im grossen herzustellen; auch werden hierzu üblicherweise diejenigen Mineralien gerechnet, deren Gehalt an Schwefel, Arsen und Antimon nutzbar gemacht wird. Es bezeichnet aber der Bergmann als Erz oft auch Gemenge von Mineralien, sofern sie als solche die bergmännische Gewinnung und spätere Verhüttung lohnen.

So wird der Mansfelder Kupferschiefer, ein bituminöser Schiefer, in dem die verschiedensten Kupfermineralien in sehr kleinen Körnchen eingesprengt sind mit etwa 3% Kupfer und einem geringen Silbergehalt ein Kupfererz genannt. Die am Ausgehende der Silbererzgänge zersetzte Gangfüllung, welche eine unansehnliche durch Eisen- und Manganoxyde gelblich bis braun gefärbte (d. h. eisenschüssige) Masse bildet, in welcher kleine Kristalle von Chlor-, Brom- und Jodsilber auftreten, ist ein reiches Silbererz; in Südamerika wird dasselbe Pacos, in Mexico Colorados genannt.

Die Erze kommen in der Natur in den verschiedensten Lagerstätten vor und zwar auf Gängen, Flötzen und Lagern, in Stöcken, in Imprägnationen und in Seifen oder Trümmerlagerstätten. Nach der Grösse der vorkommenden Erzpartien unterscheidet man: Derberze, das sind grössere Stücke reinen Erzes und eingesprengte Erze; das Erz kommt in grösseren oder kleineren Körnern (erstere wohl auch Butzen, Nester, letztere Augen, Funken genannt) in den begleitenden Mineralien, den Gangarten, bezw. Lagerarten, oder im Nebengestein vor. Gangarten sind die neben den Erzen auf Gängen auftretenden

Mineralien; als solche finden sich ausser Quarz (Kieselsäure) am häufigsten kohlensaure Verbindungen, nämlich Kalkspat, Eisenspat, Manganspat und Braunspat, dann Schwerspat (schwefelsaurer Baryt), Flussspat (Fluorcalcium). Als Lagerarten finden sich in den Lagern, welche in den kristallinischen Schiefern auftreten, die gesteinsbildenden Silikate; Feldspat, Hornblende, Augit, Granat, Chlorit, Glimmer, in den jüngeren Lagern die quarzigen, kalkigen und thonigen Bestandteile des Nebengesteins. Bergart oder Berge ist dasjenige Nebengestein, welches mit den Erzen gewonnen werden muss. Ganz dünne Lagen eines Minerals, gewöhnlich sekundärer Entstehung, welche sich auf Klüften der Ausfüllungsmasse der Lagerstätten finden, nennt man Anflug oder angeflogenes Erz; in dieser Weise kommen besonders häufig Silbererze vor. Die eigentlichen Gold- und Silbererze (s. weiter unten) nennt man auch Edelerze oder edle Geschicke, man spricht auch vom Adel der Lagerstätte; minder wertvolle Erze heissen dagegen grobe Geschicke (abzuleiten von geschickt in der Bedeutung tauglich, geeignet).

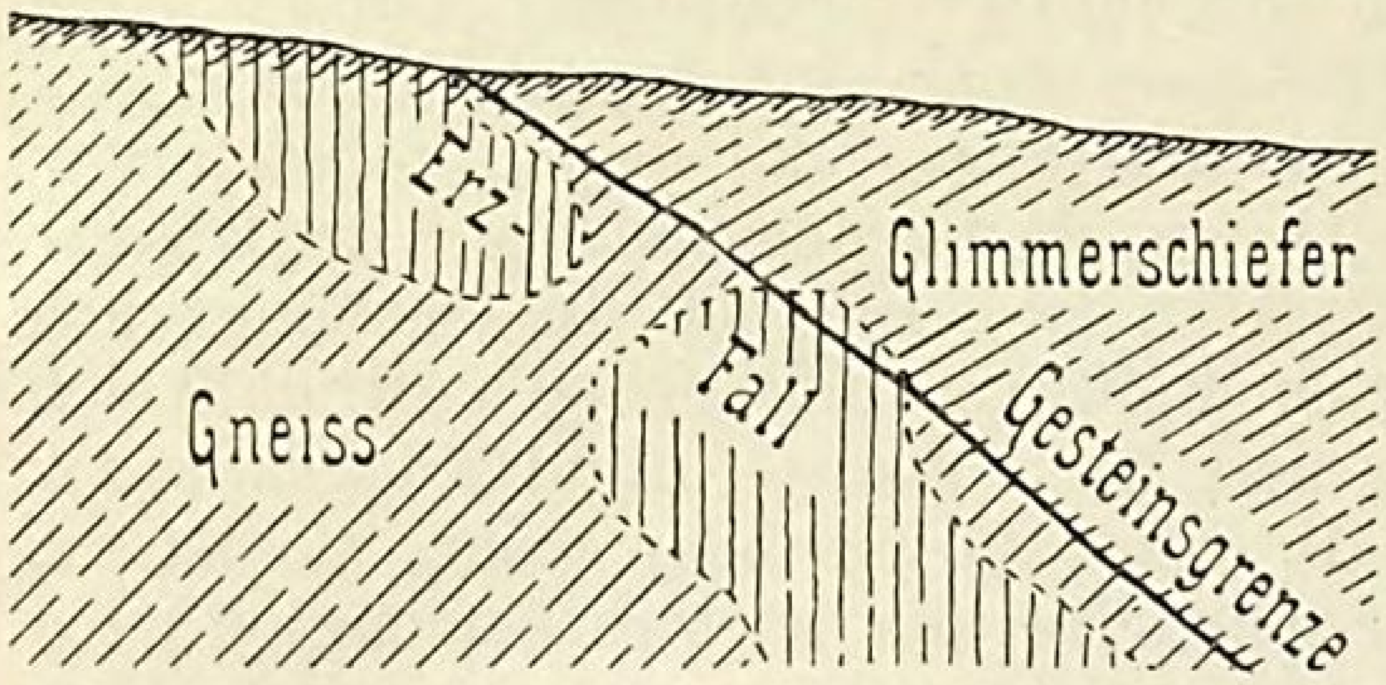


Fig. 1. Flacher Riss eines Ganges mit Erzfall an einer Gesteinsgrenze.

Das Vorkommen der Erze auf den Lagerstätten und namentlich auf den Gängen — deren Ausfüllung Gangmasse heisst — ist häufig ein unregelmässiges; erzhaltige Gangflächen, die Erzmittel, wechseln mit erzleeren Zonen, den tauben Mitteln. Sind die Erzmittel sehr kurz, so sagt der Bergmann: „Die Erzführung ist absätzig oder die Erze setzen ab"; im Gegensatz zum Fortsetzen. Eine Reihe von Erzmitteln, welche in einer bestimmten Richtung auftreten, nennt man einen Erzfall (s. Fig. 1). Im ursächlichen Zusammenhang hiermit wird zuweilen das Auftreten eines bestimmten Nebengesteins, das Vorhandensein von Gangkreuzen u. dergl. gebracht; doch fehlen zurzeit noch allgemein giltige Regeln. Zuweilen ändert sich die Erzführung, wenn von einem Gange ein Trum abzweigt (s. Fig. 2): werden die Erze besser, so nennt man ein derartiges Trum einen Erzbringer oder Erzmacher, werden sie schlechter, so ist es ein Erzräuber. — Findet der Bergmann Erz, so sagt er: „Es bricht Erz ein" oder „er macht einen Anbruch", und wenn, wie dies häufig der Fall ist, zuerst nur wenig Erz vorhanden ist: „Es legt sich Erz an". Ist in der Grube Erz sichtbar, „so steht es an", z. B. vor Ort, im Abteufen.

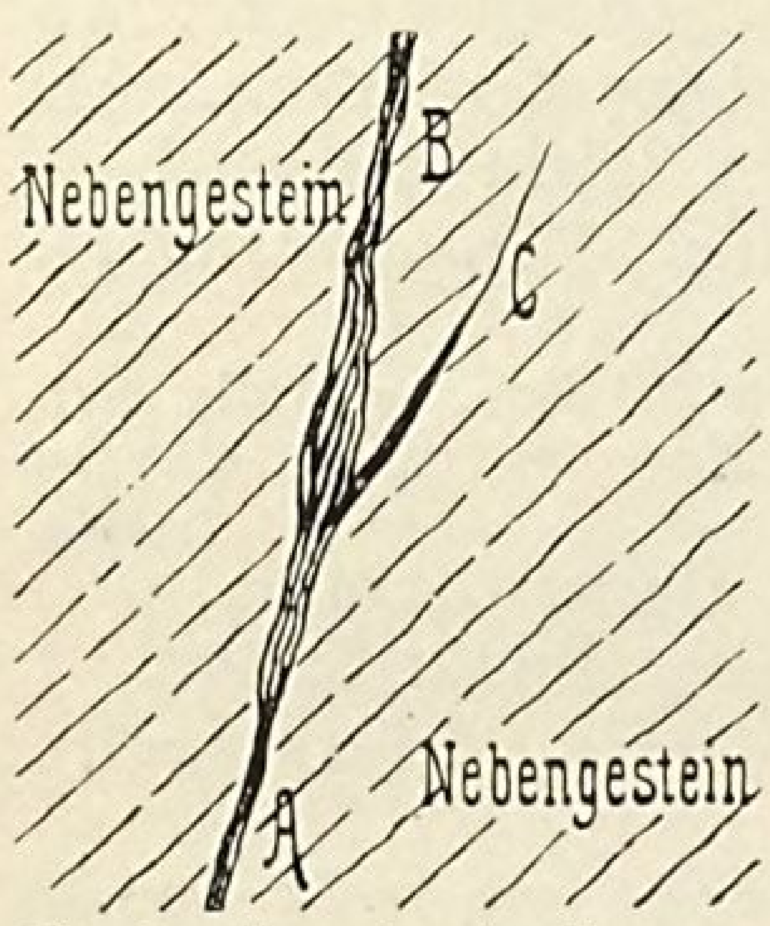


Fig. 2. Abzweigendes Trum. *AB* Hauptgang. *C* Trum.

Die durch den Bergbau gewonnenen Erzmassen werden oft vor der Verhüttung noch aufbereitet (s. Aufbereitung), d. h. durch Entfernung des Tauben angereichert und nach der Metallführung getrennt, wenn in ihnen Metalle vorhanden sind, welche verschiedene hüttenmännische Behandlung erfordern, wie z. B. Blei und Zink.

Je nach den Arbeiten, welchen die Erze dieserhalb unterworfen werden, unterscheidet man Scheideerze, die grösseren Stücke und die wertvolleren Erze, von den ärmeren Erzen den Gängen, Pochgängen oder dem Pochgut (in Oesterreich auch Mittelerze genannt), die früher allgemein der Pocharbeit zugewiesen wurden. Auch unterscheidet man je nach der Grösse der Erzstücke Stückerze und Erzklein, letzteres auch Grubenklein genannt. Da, wo feinere Unterschiede gemacht werden, folgen in der Korngrösse auf einander: Wände, Stufen (Stuffen oder Stuferz), dann Graupen, Gries, Sand, Mehl und zuletzt Schlamm, Schmant oder Schmunt. Letztere bestehen aus so feinen Teilen, dass sie zwischen den Fingern nicht mehr gefühlt werden können. Die Bezeichnungen Gries, Schmant und Schmunt sind hauptsächlich in Oesterreich üblich.

Der Silberhüttenmann unterscheidet die bleiischen Erze von den bleifreien Dürrerzen. Solche Erze von niedrigem Metallgehalte, die wegen gewisser Nebenbestandteile, z. B. einem das Schmelzen erleichternden Kalkspat- oder Flussspatgehalte dem Hüttenprozesse zugefügt werden, nennt man Zuschlagerze. — Im folgenden ist nach Metallen geordnet eine kurze Zusammenstellung derjenigen Erze gegeben, welche für die hüttenmännische und chemische Verarbeitung am wichtigsten sind, hierbei sind; die internationalen Bezeichnungen vorangestellt, die deutschen in Klammern gesetzt (Näheres über die einzelnen Erze s. unter den betreffenden Stichworten).

Gold findet sich am häufigsten gediegen, zu eigentlichen Golderzen ist es mit Tellur verbunden im Sylvanit (Schrifterz) und im Nagyagit (Blättertellurerz), beide kommen in Siebenbürgen vor. Ausserdem ist Gold im Schwefelkies, Arsenkies und im Antimonglanz zuweilen, wenn auch in geringen Mengen enthalten. Im Gegensatz zum Seifengold, welches aus Alluvionen durch den Waschprozess gewonnen wird, heisst das aus primären Lagerstätten gewonnene Gold Berggold. — Platin findet sich gediegen zusammen mit den übrigen Metallen der Platingruppe in losen Körnern in gewissen Seifen. — Auch Silber kommt gediegen vor, in den Silbererzen ist es am häufigsten an Schwefel, Arsen und Antimon gebunden, zu diesen gehören Argentit (Glaserz, Silberglanz), Proustit (lichtes Rotgiltigerz), Pyrargyrit (dunkles Rotgiltigerz) und Melanglanz (Sprödglaserz). Die Haloidsalze des Silbers, Chlor-, Jod- und Bromsilber kommen häufig im eisernen Hut der Silbererzgänge vor. Chlorsilber heisst auch Chlorargyrit oder Silberhornerz. Ausserdem haben manche Fahlerze, die sogen. Weissgiltigerze, einen hohen Silbergehalt. Schwefelkies, Zinkblende und namentlich Bleiglanz sind häufig silberhaltig, so dass letzterer, was die Menge des daraus gewonnenen Silbers betrifft, als ein sehr wichtiges Silbererz anzusehen ist. — Die Zahl der Kupfererze ist eine sehr grosse. Neben gediegenem Kupfer, das in sehr grossen Mengen vorkommt, tritt Cuprit oder Rotkupfererz als rein oxydisches Erz auf, von Schwefelverbindungen sind Cuprëin (Kupferglanz), Chalkopyrit (Kupferkies) und Poicillit (Buntkupferkies) die häufigsten. Die Kupferfahlerze enthalten neben Kupfer noch Eisen und Zink, seltener Silber; die arsenhaltigen werden auch Tennantit, die antimonhaltigen Tetraëdrit genannt. Von Wichtigkeit für die Kupferproduktion sind auch mehrere Kupfersalze, so die wasserhaltigen kohlensauren Verbindungen Malachit und Azurit (Kupferlasur), das Oxychlorür Atakamit und Chrysokoll (Kieselkupfererz). — Von Quecksilbererzen ist nur das Schwefelquecksilber Cinnabarit (Zinnober) wichtig, Lebererz und Korallenerz werden unreine Zinnobervorkommen von Idria in Krain genannt. Gediegen Quecksilber ist selten. — Das hauptsächlichste Bleierz ist der Galenit (Bleiglanz), wahrscheinlich aus demselben entstanden sind als sekundäre Bildungen die Bleisalze, nämlich das kohlensaure Bleioxyd Cerussit (Weissbleierz), das phosphorsaure Bleioxyd, mit einem Gehalt an Chlorblei, Pyromorphit, nach der Farbe wohl auch Grünbleierz und Braunbleierz genannt, schwefelsaures Bleioxyd Anglesit (Vitriolbleierz), molybdänsaures Bleioxyd Wulfenit (Gelbbleierz), welches auch zur Darstellung von Molybdänpräparaten Verwendung findet, und chromsaures Bleioxyd Kallochrom (Rotbleierz). Von den vielen Verbindungen des Schwefelbleies mit Schwefelarsen und Schwefelantimon ist für die Bleidarstellung wohl nur der Bournonit wichtig, der sich durch einen Kupfergehalt auszeichnet. — Zink wird dargestellt aus Galmei, worunter man zwei verschiedene, aber häufig zusammen vorkommende Mineralien versteht, nämlich das kohlensaure Zinkoxyd, Smithsonit (Zinkspat) und das wasserhaltige kieselsaure Zinkoxyd, Calamin (Kieselzinkerz). Ferner ist das Schwefelzink, Blende oder Zinkblende äusserst wichtig; das Zinkoxyd, Zinkit oder Rotzinkerz kommt in grösseren Mengen nur an wenigen Fundorten, namentlich im Staate New-Jersey, Nordamerika, vor. — Zinn wird ganz vorwiegend aus dem natürlichen Zinnoxyd, Kassiterit (Zinnerz, Zinnstein) durch Schmelzarbeit gewonnen, Stannin (Zinnkies) spielt für die Zinndarstellung nur eine untergeordnete Rolle. — Wismut findet sich gediegen und wird ferner aus dem Bismutit (Wismutocker, wasserhaltiges kohlensaures Wismutoxyd) hergestellt. — Nickel und Kobalt kommen in ihren Schwefel- und Arsenverbindungen vielfach zusammen vor, die häufigsten Kobalterze sind: Smaltin (Speiskobalt) und Kobaltin (Glanzkobalt), die Nickelerze: Nickelin (Rotnickelkies), Cloanthit und Rammelsbergit, beide auch unter dem Namen Weissnickelkies bekannt, und Gersdorffit (Graunickelkies). Erst in neuerer Zeit spielt auch das wasserhaltige Nickel-Magnesia-Silikat Garnierit, welches in grossen Mengen in Neu-Caledonien vorkommt, eine bedeutende Rolle in der Nickelproduktion. — Als Eisenerze dienen das Eisenoxydoxydul, der Magnetit (Magneteisenstein oder Magneteisenerz), ferner das Eisenoxyd, welches kristallisirt auftritt als Spekularit (Eisenglanz, Glanzeisenerz) und strahlig-faserig als Hämatit (Roteisenstein, Blutstein, in nierenförmigen Abänderungen auch Glaskopf genannt). Der Limonit (Brauneisenerz) ist Eisenoxydhydrat und kommt häufig vor, dazu sind zu rechnen das Raseneisenerz, die Bohnerze und die Minette, letztere bildet in Luxemburg und Lothringen mächtige Ablagerungen. Ausserdem ist das kohlensaure Eisenoxydul, der Siderit (Spateisenstein) von grosser Wichtigkeit, durch Thon verunreinigt nennt man ihn Thoneisenstein und wenn er in rundlichen Formen vorkommt Sphärosiderit; im Steinkohlengebirge tritt Thoneisenstein mit Kohle zusammen in mächtigen Lagen auf, diese Abart heisst Kohleneisenstein, das Blackband der Engländer. — Für die Eisen- und Stahlindustrie sind ferner die Chrom-, Wolfram- und Manganerze von Bedeutung, die letzteren werden auch in der chemischen Industrie zur Darstellung von Sauerstoff und Chlor vielfach verwendet. Das einzige in Betracht kommende Chrommineral ist der Chromit (Chromeisenstein), die für den Wolframbedarf benützbaren Mineralien sind der Wolframit (wolframsaures Eisen- und Manganoxydul) und der Scheelit oder Scheelspat (wolframsaurer Kalk). Von den Manganerzen ist das Mangansuperoxyd, der Pyrolusit (Braunstein) am häufigsten und wichtigsten, untergeordneter das Mangansuperoxydhydrat, Psilomelan (Hartmanganerz) und der Manganit, Manganoxydhydrat. — Von Uranerzen kommt nur das Uranoxydoxydul als Uranpecherz in grösseren Mengen vor, auch gibt es nur ein technisch wichtiges Molybdänerz, das Schwefelmolybdän, Molybdänglanz, ausser welchem nur noch der unter den Bleierzen bereits genannte Wulfenit in Frage kommt. — Zur Zahl der Erze müssen jetzt auch die in neuester Zeit in grossen Mengen zur Darstellung des Aluminiums benützten Mineralien, das Fluorid des Aluminiums und Natriums, Kryolith und das Thonerdehydrat Beauxit oder Bauxit gerechnet werden. — Schwefel und Schwefelsäure werden aus dem natürlich vorkommenden Schwefel und aus den Schwefelverbindungen des Eisens dargestellt, es sind dies der Pyrit (Schwefelkies oder Eisenkies), der Markasit (Strahl-, Speer- oder Leberkies) und der Magnetkies. — Zur

hüttenmännischen Gewinnung der Arsenverbindungen kommt das gediegene Arsen kaum in Frage, da es zu selten ist, es werden vielmehr benützt der Arsenopyrit (Arsenkies), eine Verbindung von Doppelschwefeleisen und Doppelarseneisen und die Schwefelarsenverbindungen Realgar und Auripigment (rotes und gelbes Rauschgelb). — Für die Antimondarstellung haben wir nur das natürliche Schwefelantimon, den Antimonit (Antimonglanz, Grauspiessglaserz).

Litteratur: [1] Cotta, Bernhard von, Die Lehre von den Erzlagerstätten, 2. Aufl., Freiberg 1859. — [2] Groddeck, Albrecht von, Die Lehre von den Lagerstätten der Erze, Leipzig 1879. — Ausserdem sind zu vergleichen die Werke über Mineralogie und Geologie. *Treptow.*

Erzaufbereitung ist gegenüber der Aufbereitung der Kohlen, Salze und anderer Mineralien dadurch gekennzeichnet, dass bei derselben nach dem Auslesen der reicheren Erzstücke die Zerkleinerung der ärmeren Erze und das Sieben und Setzen folgt. Sofern sehr fein eingesprengtes Erz vorhanden ist, wird dieses durch Pochen oder Mahlen weiter zerkleinert und dann die Trennung der Erzteile dadurch erreicht, dass zunächst eine Sonderung nach der Gleichfälligkeit in Spitzkästen oder Stromapparaten und dann die Schlussarbeit auf Feinkornsetzmaschinen und Herden stattfindet. Das geschilderte Verfahren setzt Verschiedenheit der spezifischen Gewichte der zu trennenden Mineralien voraus; stehen sich die spezifischen Gewichte sehr nahe, so kann die chemische oder die magnetische Aufbereitung (s. d.) angewendet werden. *Treptow.*

Erzbringer, -fall, -führung, s. Erz.

Erzgänge, Erzlager, s. unter Erzlagerstätten.

Erzgicht, s. Beschickung.

Erzklein, s. Erz.

Erzlagerstätten sind natürliche Anhäufungen von Erzen, d. h. von solchen Mineralien, aus welchen technisch verwendbare Metalle mit Nutzen gewonnen werden können. Wie bei allen Lagerstätten nutzbarer Mineralien, so unterscheidet man auch bei den Erzlagerstätten nach ihrer Gestalt und Lagerung hauptsächlich dreierlei Arten, nämlich: Gänge, Lager und Stöcke [1], S. 2, [2], S. 14. Ein Erzgang ist eine mit Erzen oder erzhaltigen Mineralgemengen ausgefüllte Gesteinsspalte, also seiner Gestalt nach plattenförmig [1], S. 102, [2], S. 97, [3], S. 31. Er setzt meist quer durch die Gesteinsschichten hindurch. Ist dies nicht der Fall, sondern folgt der Gang der Schichtung, so heisst er liegender oder Lagergang [1], S. 107, [3], S. 11, 310, 311. Ein Gang, welcher an der Grenze zwischen zwei verschiedenen Gesteinsarten auftritt, heisst Kontaktgang [1], S. 107, [3], S. 38. Kluft ist eine leere oder nur unvollständig erfüllte Spalte [1], S. 106, [2], S. 98, und wird, wenn erzführend, als Erzkluft bezeichnet, wenn sie dagegen zersetzte oder zerriebene, thonige Gesteinsmassen enthält, als Lettenkluft oder Lettengang. Ein Erzgang entsteht durch Bildung einer Spalte in beliebigen Gesteinen und nachherige Ausfüllung derselben mit Erz oder mit erzhaltigem Mineralgemenge. Näheres hierüber unter Gang. — Erzlager ist eine der Gesteinsschichtung parallel eingelagerte (oder auch der Erdoberfläche aufgelagerte), ebenfalls plattenförmige Lagerstätte, welche aber keine nachträgliche Spaltenfüllung darstellt, sondern später als ihre Unterlage (Sohle) und früher als ihre Ueberlage (Dach) gebildet ist [1], S. 85, [2], S. 37. Die Lager nutzbarer Mineralien teilt man in: 1. Einlagerungen von beschränkter horizontaler Ausdehnung oder eigentliche Lager und 2. durchlaufende Zwischenlagerungen oder Flötze. Letztere sind voll ausgebildete geologische Schichten, welche ganz oder teilweise aus nutzbaren Mineralien bestehen, z. B. aus Kohlen (Kohlenflötze), aus Erzen (Erzflötze) [3], S. 11. Sind Erze zonenweise in einem Gesteinsverband verteilt, so spricht man von Erzzonen [2], S. 169, und wenn sich nachweisen lässt, dass solche Erze durch nachträgliche Einträнkung in das Gestein gelangt sind, von Imprägnationszonen [1], S. 206, 218. Zu den Erzzonen sind diejenigen Erzlagerstätten zu rechnen, welche man in Norwegen als Fahlbänder (Fallbänder) bezeichnet [1], S. 135, [3], S. 107, 308. Dieselben gehören dem kristallinen Schiefergebirge an und sind Schieferschichten, in welchen sich Eisenkies, Magnetkies, Kupferkies, Zinkblende und Bleiglanz eingesprengt vorfinden. Ein der Erdoberfläche aufgelagertes, aus losen Gesteinstrümmern (Geschiebe, Gerölle, Sand) bestehendes Lager heisst Seifenlager oder kurzweg Seife, und man spricht z. B. von Goldseifen oder

Platinseifen, wenn der nutzbare Gehalt solcher Seifenlager in gediegenem Gold oder in Platinerz besteht [1], S. 98, [2], S. 23, [3], S. 268. Ihrer Entstehungsweise nach sind die Erzlager stets, was die Hauptgesteinsmasse anbetrifft, mechanische oder chemische Absätze aus Wasser [3], S. 9. Doch kann der Erzgehalt auch, ganz oder teilweise, erst nachträglich in die Gesteinsschicht hineingelangt sein durch chemische Umwandlung oder Metamorphismus (metamorphische Lager) [3], S. 11, 234, 334, oder durch Imprägnation poröser Gesteinsmassen [3], S. 67 (Imprägnationslager). — Erzstock heisst eine solche Erzlagerstätte, welche nicht plattenförmig, d. h. nicht von zwei annähernd ebenen und parallelen Flächen begrenzt ist, sondern entweder linsenförmige oder rundliche oder ganz unregelmässige Gestalt besitzt [2], S. 159, [3], S. 5, 54. Liegt die Haupterstreckung eines Stockes parallel der Gesteinsschichtung, so wird er als liegender Stock oder Lagerstock bezeichnet; ist er dagegen von der Schichtung unabhängig und dabei aufgerichtet, als stehender Stock oder Gangstock [1], S. 191, [2], S. 159. Stockwerk heisst ein solcher Stock, dessen Gehalt an nutzbarem Mineral nicht in der Gesteinsmasse verteilt, sondern hauptsächlich in zahlreichen, den Stock durchsetzenden und oft einander schneidenden kleinen Gängen und Blättern enthalten ist [1], S. 194, [2], S. 182, [3], S. 55. Rinner oder Läufe sind lang ausgezogene Stöcke von der Gestalt eines liegenden Cylinders; Butzen kleine Stöcke von höchstens 5 m Durchmesser; Nester, Nieren noch kleinere Erzanhäufungen von weniger als 1 m Durchmesser [1], S. 195, 196, [2], S. 164, [3], S. 55, 56. Stockförmige Lagerstätten können auf zweierlei Weise entstehen [1], S. 201 ff., [3], S. 332 ff., [4], S. 720 ff.: 1. durch Bildung von Hohlräumen infolge von inneren Gesteinsbewegungen oder von Auswaschung oder Auflösung von Gesteinsmasse, und durch nachherige Ausfüllung solcher Hohlräume; 2. durch Imprägnation (Imprägnationsstöcke), welche von durchsetzenden Spalten ausgehen kann (Gangstöcke), oder von Schichtungsfugen (Lagerstöcke). Die Porosität des Gesteins, welche Vorbedingung der Imprägnation ist, kann eine ursprüngliche oder durch chemische Auslaugung oder durch chemische Umwandlung (metamorphische Stöcke) nachträglich entstanden sein. Ein und derselbe Erzstock ist bisweilen zum einen Teil durch Hohlraumfüllung, zum andern durch Imprägnation entstanden. — Für alle beschriebenen Arten von Erzlagerstätten, wie auch von Lagerstätten nutzbarer Mineralien überhaupt, gelten folgende Ausdrücke: Streichen = Richtung der grössten Horizontalerstreckung einer Erzlagerstätte, gemessen durch den Winkel (Streichwinkel), welchen eine in der Haupterstreckungsebene gezogene Horizontallinie mit dem Meridian bildet [3], S. 6. Fallen = Neigung der Haupterstreckungsebene einer Erzlagerstätte gegen die Horizontalebene, gemessen durch den Winkel (Fallwinkel), welchen eine in der Haupterstreckungsebene rechtwinkelig zur Streichrichtung gezogene Gerade mit der Horizontalebene bildet [3], S. 6 u. 7. Die untere Grenzfläche einer Erzlagerstätte heisst Liegendes oder Sohle, die obere Hangendes oder Dach [3], S. 7. Ausbeissen oder Ausgehen ist das Heraufreichen einer Erzlagerstätte bis an die Erdoberfläche, und der die Erdoberfläche berührende Teil der Erzlagerstätte heisst der Ausbiss oder das Ausgehende derselben. Mächtigkeit = Dicke einer Erzlagerstätte [3], S. 7. Aufthun: eine Erzlagerstätte „thut sich auf", wenn sie in einer bestimmten Richtung mächtiger wird; das Gegenteil davon ist Verdrückung, d. h. Verminderung der Mächtigkeit. Auskeilen = vollständige Verdrückung und damit Endigung einer Erzlagerstätte [3], S. 45. Verwerfung = Verschiebung der einzelnen Teile einer von Spalten durchsetzten Erzlagerstätte gegen einander; näheres unter Verwerfung. Das eine Erzlagerstätte unmittelbar umgebende oder berührende Gestein ist ihr Nebengestein; bei horizontalen oder schwach geneigten Erzlagerstätten heisst das unter der Erzlagerstätte liegende Nebengestein auch Sohlgestein, das darüberliegende Dachgestein [1], S. 103. Der Inhalt einer Erzlagerstätte kann ganz aus Erz bestehen oder aus Erz vermengt mit erzfreien Mineralaggregaten, welche im Gegensatz zum Erz als Gangarten [1], S. 25 ff., bezeichnet werden. Die Gangart einer Erzlagerstätte kann sein z. B. eine kieselige (Quarz), spatige (Kalkspat, Bitterspat, Eisenspat), kiesige (Eisenkies). Finden

sich Erz und Gangart nicht innig vermengt, sondern in grösseren Partien abgesondert, so nennt man die erzhaltigen Partien Erzmittel, die erzfreien oder „unhaltigen“ Partien taube Mittel oder Zwischenmittel [1], S. 122, [3], S. 57. Nach der Art des in einer Erzlagerstätte hauptsächlich enthaltenen Metalles unterscheidet man z. B. Eisen-, Kupfer-, Blei-, Zinn-, Silber-Erzlagerstätten.

Litteratur: [1] B. v. Cotta, Die Lehre von den Erzlagerstätten, 2. Aufl., Freiberg 1859. — [2] Joh. Grimm, Die Lagerstätten der nutzbaren Mineralien, Prag 1869. — [3] A. v. Groddeck, Die Lehre von den Lagerstätten der Erze, Leipzig 1879. — [4] B. v. Cotta, Die Erzlagerstätten Europas, Freiberg 1861.

Ad. Schmidt.

Erzmacher, s. Erz.

Erzmittel, s. Erzlagerstätten und Erz.

Erzpapier, ein an der Oberfläche, durch Ankleben, mit gepulverten Erzstückchen bedecktes Papier. S. Buntpapiersorten, Bd. 2, S. 779.

Erzräuber, s. Erz.

Erzzinn, s. v. w. Steinzinn, s. Zinn.

Erzzone, s. Erzlagerstätten.

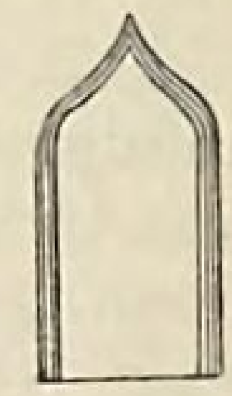
Escarpe, s. Festungsbau.

Esche, s. Nutzhölzer und Schiffsbauhölzer.

Eschel, s. Smalte.

Esel wird bei der Herstellung des Handpapiers jene an der Schöpfbütte angebrachte ausgezackte Lehne genannt, an welche der Kautscher, die mit der Papierschicht bedeckte Form, lehnt, um das Abtropfen des Wassers zu fördern. S. Papierfabrikation.

Eselshaupt, s. Bemastung.



Eselsrücken, franz. dos d'âne, so heisst im gotischen Stile der an einigen Bauten angewendete geschweifte Kielbogen (s. Fig.), der sich nicht nur in Frankreich und England, sondern in einzelnen Beispielen auch in Deutschland vorfindet.

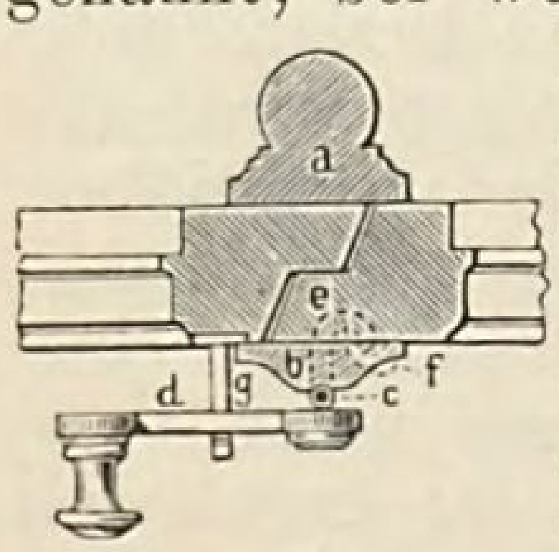
Eselstreppe, Reittreppe, stufenlose, meist gewendelte Treppe. An mittelalterlichen Kirchenbauten (Dome zu Worms, Speier, Regensburg etc.) wurden sie in Türmen angelegt zu dem Zweck, Baumaterial mit Lasttieren in die Höhe zu schaffen.

Eskimo, auch Doubel, Double genannt, ein gewöhnlich mit vierbindigem Kreuzköper aus zwei Streichgarnketten gewebtes Doppelgewebe, welches meist zu Paletots verarbeitet wird. S. Tuchfabrikation und Weberei.

Espagnolettenverschluss ist ein Verschluss der Fensterflügel, der dadurch erfolgt, dass eine über die ganze Höhe des Fensterflügels laufende Stange mittelst eines daran befestigten Ruders gedreht wird [1].

Die an dem obern und untern Ende mit gerundetem Haken versehene Drehstange *c* (Fig. 1) wird durch wagrechte Drehung des Ruders *d* bewegt und es greifen in der entsprechenden Lage die Haken *e* oben und unten in die am Fensterrahmen befestigten Krammen *f* ein, während sich das Ruder in den Schliesshaken *g* einklemmt [2].

Der Espagnolettenverschluss gehört unstreitig zu den besten Verschlüssen [1] und ist sowohl für schwere und hohe Fenster als auch für leichtere geeignet. Verwandt mit demselben ist der Triebriegelverschluss, auch Basküll genannt, bei welchem der Verschluss nicht durch eine Drehung der über die



Höhe des Fensters hinlaufenden Stange erfolgt, sondern durch eine Auf- und Abwärtsbewegung der in zwei Teile geteilten Stange, welche sowohl durch ein Triebrad als auch durch ein Basküll (s. d.) erfolgen kann. In neuerer Zeit ist man bestrebt, die Fensterverschlussvorrichtungen nicht auf den Fensterrahmen aufzusetzen, sondern in das Rahmenholz zu versenken und es werden dann nur noch die Griffe etwas verziert gehalten. Deshalb werden auch die früher viel benützten Schwengelverschlüsse fast nicht mehr verwendet [3]. Endlich sind hierher noch die Bajonettverschlüsse (Bd. 1, S. 744) zu rechnen, die sowohl als Schubriegel wie auch als Fensterverschlüsse verwendet werden können [2].

Litteratur: [1] F. Fink, Der Bauschlosser, 3. Aufl., Berlin 1880. — [2] Baukunde des Architekten, Berlin 1891, Bd. 1, 2. Teil. — [3] Krauth u. Meyer, Das Schlosserbuch, Leipzig 1891.

Jul. Hoch.

Espartofaser, s. Spinnfasern.

Espartopapier, auch Alphapapier genannt, ist ein aus den Fasern des Espartograses (Marochleo tenacissima) erzeugtes, sehr dünnes, gelblich gefärbtes Papier, welches als Packmaterial und Klosetpapier verwendet wird. S. Papiersorten.

Esse, s. Werkstätten, landwirtschaftliche.

Essenzen, Messinaer und Calabreser, die hauptsächlich von Sizilien und Calabrien exportirten Aurantieenöle, Bergamottöl, Zitronenöl, Pomeranzenöl, bitter und süss.

Essig ist eine 5—15prozentige wässerige Lösung von Essigsäure. Je nach Herkunft unterscheidet man:

1. Weinessig, welcher, aus Wein hergestellt, neben Essigsäure noch Weinsäure, Bernsteinsäure, Glycerin, sowie Ester dieser Säuren enthält, welche dem Weinessig den angenehmen aromatischen Geruch verleihen. 2. Obstessig, aus Aepfeln und Birnen gewonnen und daher neben Essigsäure noch Apfelsäure enthaltend. 3. Branntwein- oder Spiritusessig, welcher geringe Mengen von Essigäther und Aldehyd aufweist. 4. Bier-, Malz- oder Getreideessig, eine aus ungehopfter Bierwürze gewonnene wässerige Lösung von Essigsäure und von geringen Mengen von Aldehyd, Dextrin, stickstoffhaltigen Substanzen und phosphorsauren Salzen. 5. Rübenessig, welcher aus dem Saft der zu einem Brei verriebenen und abgepressten Rüben dargestellt wird, indem man den Saft mit Wasser verdünnt, zur Abscheidung der Eiweissstoffe aufkocht und nach dem Abkühlen durch Einsaat von Hefe zunächst einer alkoholischen, dann einer sauren Gärung unterwirft. 6. Aus reiner Essigsäure, durch Verdünnen mit Wasser bereiteten Essig, sogen. Essigessenzen, was natürlich nur dann lohnend ist, wenn die Herstellung der reinen Essigsäure sich billiger stellt als die des Essigs aus irgend einem der vorgenannten Rohmaterialien. Als Speiseessig dienen vornehmlich Weinessig und Branntweinessig. Malzessig enthält 2—5%, Branntweinessig 3—8%, Weinessig 6—8% Essigsäure. Der aromatische Essig des Arzneibuchs für das deutsche Reich ist eine Mischung einer ganzen Reihe von ätherischen Oelen, wie Lavendel-, Rosmarin-, Zimt-, Nelkenöl etc. in alkoholischer Lösung mit verdünnter Essigsäure. Derselbe ist ein bekanntes Desinfektionsmittel, verdankt jedoch diese Eigenschaft nicht so sehr dem Gehalt an Essigsäure, als vielmehr dem an aromatischen Oelen. Schliesslich sei noch der sogen. medizinische Essig erwähnt, Auszüge verschiedener heilkräftigen Pflanzenstoffe mit verdünnter Essigsäure, von denen das Arzneibuch für das deutsche Reich nur noch den Meerzwiebelessig aufführt.

Handelt es sich um die Darstellung von verdünnten Essigsäurelösungen, welche als Essig bei der Zubereitung von Speisen etc. Verwendung finden, so geschieht dieselbe durch Oxydation alkoholischer Flüssigkeiten.

Als solche dienen Wein, Bier, verdünnter Branntwein, vergorene Obstsäfte, vergorene Malzauszüge, vergorener Rübensaft, und je nach dem angewendeten Ausgangsmaterial unterscheidet man das gewonnene Produkt als Weinessig, Bieressig, Branntweinessig, Obstessig, Malz- oder Getreideessig und Rübenessig. Die Oxydation selbst beruht auf der Wirkung eines Pilzes, dessen Keime in der Luft stets vorhanden sind, des Essigpilzes, Essigfermentes (Mycoderma aceti), und dessen Lebensthätigkeit darin besteht, wie Pasteur gefunden hat, Sauerstoff aus der Luft aufzunehmen und durch Uebertragung desselben auf verdünnten Alkohol die Oxydation des letzteren, die sog. Essiggärung, herbeizuführen. Das Leben und die Entwicklung dieser Pflanze ist jedoch an ganz bestimmte Bedingungen geknüpft. Diese sind erfüllt, wenn das Ferment in steter Berührung mit Luft bei Temperaturen nicht unter 10° und nicht über 35° ist, der Gehalt der Flüssigkeit an Alkohol 10 Volumprozente nicht übersteigt, die für die niederen Organismen nötigen Nährsalze und eine gewisse Menge Essig vorhanden sind. Wird dem Pilz der Sauerstoff der Luft entzogen (gerät er z. B. durch irgendwelche Ursachen unter die Oberfläche der Flüssigkeit), so hört seine Wirksamkeit auf und es tritt die Bildung der sog. Essigmutter ein (s. d.). Ferner können ihm die Siedelungen der zu den Haarwürmern gehörenden Essigälchen, welche in den der Essigfabrikation dienenden Apparaten häufig vorkommen, gefährlich werden. Da diese zum Atmen des Sauerstoffs bedürfen, so suchen sie die an der Oberfläche der Flüssigkeit befindliche Pilzdecke zu durchbrechen, und es hängt allein von der üppigen Vegetation derselben ab, wenn sie dem Angriff der Tiere erfolgreich widersteht.

Es sind hauptsächlich zwei Verfahren zur Bereitung von Essig in Anwendung. Das ältere, das sogenannte Orléansverfahren, von recht primitiver Art, ist wenig ergiebig und wird zur Darstellung von Weinessig fast nur noch in Frankreich benützt.

Weinfässer oder Säurefässer aus Eichenholz, sog. Mutterfässer, werden ausgebrüht, und mit siedendem Essig eingesäuert. Um der Luft den nötigen Zutritt zu verschaffen, sind in dem oberen Deckel Löcher eingebohrt; unten am Fass befindet sich ein Ablasshahn. Jedes Fass wird nun etwa mit 100 l Wein, dem Essiggut, beschickt; nach acht Tagen werden 10 l nachgefüllt und dann in den gleichen Zeiträumen abermals dieselbe Menge, so lange, bis das Fass zu $^2/_3$ gefüllt ist. Nachdem das ganze Quantum des aufgegebenen Weins in Essig übergegangen ist, ein Zeitpunkt, welcher ungefähr in vierzehn Tagen nach dem letzten Weinzusatz erreicht ist, wird die Hälfte des fertigen Essigs abgezogen und die gleiche Menge Wein wieder aufgegeben. Der Essig wird in Klärbehältern gesammelt und hier vor Luftzutritt und dem

Eindringen des Essigpilzes geschützt aufbewahrt. Der so gewonnene Weinessig zeichnet sich durch Aroma aus. Der Betrieb kann jahrelang fortgesetzt werden, bis schliesslich die Ansammlungen von Weinstein, Hefenabsatz etc. eine Reinigung erheischen.

Verdünnte Lösungen von Alkohol säuern bekanntlich nicht an der Luft, eine Erscheinung, welche auf dem Mangel dieser Lösungen an Nährsalzen, deren der Essigpilz zu seiner Existenz bedarf, beruht. Pasteur setzt daher der zu säuernden Alkoholmischung — Alkohol, Wasser und Essig — die entsprechenden Mengen (die Summe des Salzgemisches beträgt $^1/_{10000}$ % der Flüssigkeit) an Nährsalzen — Phosphate von Kalium, Ammonium, Calcium und Magnesium — zu und sät den Pilz aus. Als Essiggut kann, nachdem die Säuerung einmal eingeleitet ist, die Alkoholmischung oder aber Wein oder mit Alkohol vermischtes Bier verwendet werden. Nach beendetem Prozess werden die Pilze gesammelt, gewaschen und dienen dann zur neuerlichen Benützung. Nach dem Pasteur'schen Verfahren wird in einigen Betrieben gearbeitet, ohne dass durch dasselbe jedoch eine grössere Leistungsfähigkeit erzielt würde.

Das zweite Verfahren, die Schnellessigfabrikation von Schützenbach, bringt das Essiggut durch eine möglichst grosse Oberfläche, ohne dass dadurch ein grösserer Raum beansprucht wird, in die innigste Berührung mit Luft und oxydirt dadurch grosse Mengen Alkohol in kurzer Frist und mit geringstem Verlust zu Essigsäure.

Die verwendeten Fässer, Gradirfässer, Essigständer oder Essigbildner, sind 2—4 m hoch bei einer Weite von 1—1,3 m. In einer Höhe von 20—30 cm über dem untern Boden sind im Umkreis des Fasses in gleichen Entfernungen von einander 6 Luftzuglöcher von etwa 3 cm Durchmesser mit einem Gefälle nach innen eingebohrt. Ungefähr $^1/_3$ m über dem Boden ist ein siebähnlich durchlöcherter falscher Boden angebracht, welcher zur Unterlage von ausgelaugten, getrockneten und spiralig gerollten Buchenholzspänen dient, die ihrerseits den Ständer bis auf etwa 15—20 cm unter dem oberen Rand erfüllen. Die aufgeschichteten Späne werden dann mit erwärmtem Essig übergossen und die Fässer, damit der Essigdunst das Holz in der nötigen Weise durchdringen könne, bedeckt 24 Stunden sich selbst überlassen. 18—24 cm unter dem oberen Rand des Ständers liegt ein hölzerner Siebboden mit möglichst vielen Löchern in der Weite eines Gänsekieles. Durch diese ragen Bindfäden oder kleine gläserne Heberröhrchen etwa 3 cm weit in den mit Spänen erfüllten Raum hinein und erfüllen den Zweck, das auf den Siebboden aufgegebene Essiggut in vielen einzelnen dünnen Strahlen über die Späne rieseln zu lassen. 5—8 grössere Bohrlöcher in dem oberen Siebboden, in welche etwa 8 cm hoch aufragende Glasröhren zur Verhinderung des Einfliessens des Essiggutes in die Ständer eingesetzt sind, sorgen für den Abzug der durch die Zuglöcher unten eingetretenen, im Ständer ihres Sauerstoffs beraubten Luft. Infolge dieser Sauerstoffabgabe entwickelt sich im Apparat Wärme genug, um ein fortwährendes Strömen der Luft von unten nach oben zu veranlassen. Der Ständer wird oben mit einem Deckel verschlossen, welcher mitten durch ein Loch durchbrochen ist, durch welches das Essiggut aufgegeben wird und die Luft den Apparat verlässt. Zwei bis vier solcher Ständer bilden eine Gruppe. Das aus dem ersten Fasse abfliessende Essiggut wird im zweiten aufgegeben u. s. f. und wird schliesslich, wenn der Alkoholgehalt der zu säuernden Flüssigkeit 3—4 % nicht mehr übersteigt, als fertiger Essig abgezogen. Als Essiggut wird Branntwein, mit wenig Malzauszug gemischt, Bier oder Wein benützt. Auf 20 l Branntwein von 50 % Tr. kommen gewöhnlich 20 l Essig und 60 l Wasser. Etwa sich einstellende Essigälchen werden durch heiss aufgegebenen Essig abgetötet. Die beste Temperatur im Essigbildner ist 35°; steigt dieselbe, so ist der Verlust an Alkohol zu gross, sinkt sie unter 10°, so hört die Oxydation ganz auf. Der Raum, in welchem die Essigbildner aufgestellt sind, die Essigstube, soll daher 20—24° warm sein. Infolge der Verdunstung von Alkohol und Essigsäure findet ein durchschnittlicher Verlust von 10 % statt. Aus 100 l Branntwein von 50 % Tralles werden daher etwa 1300 l Essig von 3 % Essigsäuregehalt gewonnen. Ueber die Prüfung von Essig und Essigessenzen s. Fischer, Handbuch der chem. Technologie, Leipzig 1893, S. 622 ff.

Vergl. auch Essigsäure und die dort angegebene Litteratur. *Kerp.*

Essigäther, s. Essigsäure.

Essigmutter. Wenn der die Essiggärung veranlassende Pilz, der sogen. Essigpilz, Mycoderma aceti, durch irgendwelche Ursachen von der Oberfläche der alkoholischen Flüssigkeit, deren Oxydation zu Essig er bewirkt, untergetaucht wird, so wird seine auf der Aufnahme von Sauerstoff der Luft bestehende Wirksamkeit hierdurch aufgehoben. Der zu Boden sinkende Pilz wird zwar nicht abgetötet, er umgibt sich aber mit einer Gallerte, welche aus zahlreichen Bakterien besteht, deren Zellwandungen zu einem Schleim aufquellen. Diese gallertartige Masse, welche also durch einen fehlerhaften Betrieb entsteht, wird in der Essigfabrikation als Essigmutter bezeichnet. An die Oberfläche der Flüssigkeit, also in Berührung mit Luft gebracht, tritt die Gallertbildung zurück und der Pilz wieder in Wirksamkeit. (S. auch Essigfabrikation unter Essigsäure.) *Kerp.*

SBB 013402396651

BSB Bayerische StaatsBibliothek
MIDZ Münchener DigitalisierungsZentrum Digitale Bibliothek

Otto Luegers Lexikon der gesamten Technik und ihrer Hilfswissenschaften

Bd.: 3

[ca. 1896]

Bamberg, Staatsbibliothek -- Techn.q.1-a(3
urn:nbn:de:bvb:12-bsb11848158-6